

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Vliv provozu na změnu stavu vvn vypínačů
Operation effects on HV circuit breakers state change

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Aleš Veverka**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Vliv provozu na změnu stavu vvn vypínačů**
Operation effects on HV circuit breakers state change

Zásady pro vypracování:

1. Rozeberte výzbroj rozvoden vvn a zvn
2. Popište provozní stav vypínače, parametry vypínače v provozu
3. Poruchový / havarijný stav - Porucha řídicího systému - vyhodnocení stavu vypínače
4. Rozeberte využití výsledků diagnostiky pro hodnocení stavu vypínače

Seznam doporučené odborné literatury:


Dle pokynů vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Poděkování

Dovoluji si poděkovat touto cestou vedoucímu mé diplomové práce Ing. Zdeňku Hytkovi, CSc. za jeho metodické vedení, odborné rady a připomínky.

V Ostravě 2.5.2013

Aleš Veverka



Abstrakt

Cílem této diplomové práce je popis vvn vypínačů a vlivu provozu na jejich stav. Zabýval jsem se popsáním stavu přístrojového vybavení rozvoden vvn, se zaměřením na vypínače vvn a použité zhášecí medium. Popsal jsem způsoby a možnosti provádění údržby a diagnostiky vypínače vvn SF₆. Provedl jsem rozbor výsledků provedené diagnostiky na vypínači po poruše a porovnal se stavem před poruchou. Pro vypracování této práce jsem využil zkušeností, které jsem získal při provádění diagnostiky vysokonapěťových přístrojů.

Klíčová slova

Vypínač vvn, odpojovač, svodič, údržba zařízení, diagnostika vypínače, SF₆.

Abstract

The aim of the diploma thesis is a description of HV circuit breakers and their state in-operation influence. I briefly described HV substations instrument equipment, focused especially on HV circuit breakers and their extinguishing agent. I described the possible ways of HV circuit breakers maintenance and SF₆ HV circuit breakers diagnostics. I analyzed the diagnostic results after a fault and compared it with the results before the fault. For the preparation of this work I used the experience I have gained in the implementation of high diagnostic devices.

Key words

HV circuit breaker, Discloser, Surge Arrester, Maintenance of equipment, Diagnostics circuit breaker, SF₆

Seznam použitých symbolů a zkratek

C	- spínací operace zapnutí	
ČEZ	- energetická společnost ČEZ, a.s.	
ČDS	- ČEZ Distribuční Služby, s.r.o.	
ČSN	- Česká státní norma	
ČR	- Česká republika	
DC	- stejnosměrné napětí	
DRM, SDRM	- dynamické měření odporu	
DTW	- analýza vibračního měření	
EN	- Evropská norma	
GIS	- Plynem izolovaný systém. Přístroje i přípojnice jsou izolovány plynem SF ₆	
HIS	- Systém izolovaný částečně plynem a částečně vzduchem o atmosférickém tlaku. Přístroje pole jsou izolovány plynem SF ₆ , přípojnice vzduchem	
I	- proud	[A]
KSP	- kombinovaná spojka přípojníc	
O	- spínací operace vypnutí	
OZ	- spínací operace vypnutí - zapnutí	
ODaM	- oddělení Diagnostika a měření Severomoravské energetiky a.s.	
PTN,PTP,PTK	- přístrojový transformátor napětí, proudu, kombinovaný	
P	- výkon	[W]
R	- elektrický odpor	[Ω]
RCM	- spolehlivostně orientovaná údržba	
S	- zdánlivý výkon	[VA]
SF₆	- Hexafluorid síry	
SME	- Severomoravská energetika, a.s.	
SP	- spojka přípojníc	
SPP	- spojka pomocné přípojnice	
U	- napětí	[V]
cca	- přibližně	
č.	- číslo	
k	- vyhodnocovací konstanta	
l	- délka	[m]
min.	- minimum	
n	- počet	
např.	- například	
obr.	- obrázek	
ovl.	- ovládací	
p	- tlak	[MPa]
ppm	- jednotky z milionu	
t	- čas	[s]
tab.	- tabulka	
tj.	- to je	
tzv.	- takzvané	
vn	- vysoké napětí	
vvn	- velmi vysoké napětí	
vyp	- vypnutí	
zvn	- zvlášť vysoké napětí	
zap	- zapnutí	

Obsah

1	Úvod.....	7
1.1	Definice vypínače	7
2	Historie vvn vypínačů v českých zemích	8
3	Výzbroj rozvoden vvn a zvn v rámci ČR	9
3.1	Svodiče přepětí.....	12
3.2	Přístrojové transformátory proudu a napětí.....	13
3.3	Reaktory, tlumivky.....	14
3.4	Spínací přístroje	15
3.4.1	<i>Odpojovače.....</i>	<i>16</i>
3.4.2	<i>Vypínače stejnosměrného proudu</i>	<i>17</i>
3.4.3	<i>Vypínače střídavého proudu</i>	<i>18</i>
3.4.4	<i>Kompaktní rozvodny</i>	<i>24</i>
3.5	Zapouzdřené rozvodny	27
4	Provozní stav vypínače, parametry vypínače v provozu	30
4.1	Požadavky na stav vypínače - Provozní podmínky	30
4.2	Údržba zařízení.....	30
4.3	Diagnostika vypínače	34
5	Poruchový/ havarijní stav	42
5.1	Závada.....	42
5.2	Porucha – havarijní stav.....	42
5.3	Porucha vedení a vyhodnocení měření	42
6	Závěr	53
	Seznam použité literatury	54

1 Úvod

Vypínače vvn patří k základním prvkům rozvodných elektrizačních soustav. Svojí vysokou vypínací schopností a spolehlivostí zabezpečují uzlové body sítí. Primární částí vypínače je zhášecí komora, která určuje jeho technické parametry. Během vypínacího pochodu v ní probíhají složité fyzikální a chemické děje, které jsou obtížně měřitelné nebo na základě fyzikálně-matematického popisu počitatelné. Na všechny části komory působí velké gradienty teplot a tlaků, kombinovaný přenos energie, rozklad zhášecího média. Další neméně důležitou součástí vypínače je pohon, zajišťující i po dlouhé době nečinnosti rychlé a spolehlivé zapnutí, respektive vypnutí vypínače.

Vzhledem ke stále složitějšímu konstrukčnímu uspořádání nejen vypínačů, ale celých rozvodů vvn, budu se v této práci zabývat popisem vybavení vvn rozvodů, popisem diagnostické údržby na vypínačích vvn v provozu a vyhodnocováním diagnostické činnosti vypínačů vvn. Na příkladu diagnostiky vypínače po provozní poruše jsem popsal interpretaci výsledků diagnostiky sloužící jako podklad pro následnou opravu vypínače.

1.1 Definice vypínače

Vypínač je definován jako: *Mechanické spínací zařízení, které je schopno zapínat, přenášet a vypínat elektrický proud za jmenovitých podmínek, a dále také zapínat, přenášet po určenou dobu a vypínat proud za určených mimořádných podmínek, např. zkratech.*

Požadavky kladené na vypínač:

- V sepnutém stavu je dobrý vodič, z mechanického i teplotního hlediska schopný přenášet jmenovité i zkratové proudy
- v rozepnutém stavu je dobrý izolant jak pro napětí proti zemi, mezi fázemi i mezi vlastními kontakty
- v sepnutém stavu je schopen rychle, bez abnormálních přepětí, vypnout zkratový nebo nižší proud
- v rozepnutém stavu je schopen rychle a bez nadměrného poškození kontaktů zapnout zkratový nebo nižší proud

2 Historie vvn vypínačů v českých zemích

V předválečných letech byly pro napětí 100-110kV provozovány vypínače s malým množstvím oleje. S uvedením prvního vedení 100kV do provozu v roce 1927 spojujícího Prahu a Ervětice byly vybudovány první rozvodny 110kV, a to jako kryté. Rozvodna Praha-Jih s dvěma přípojnici z měděných vodičů byla vybavena olejovými vypínači Voigt-Harftner s vypínací schopností 500MVA. Od roku 1934 byl v závodě ČKD vyráběn vypínač typu R620 s vypínací schopností 1500MVA. Nahrazen byl od roku 1938 typem R622.

V roce 1945 začala v závodě ČKD výroba vypínačů VEZL 110, později nahrazených typem VEZL 123/1600. V roce 1949 byla uvedena do provozu transformovna 110/22kV Výškov venkovního provedení s třemi hlavními přípojnici, vybavená vypínači čs. výroby typu VEZL a vypínací schopností 2500 MVA.

V prvních poválečných letech v závodě Škoda Plzeň byl vyvinut vypínač vlastní konstrukce VV 110d pro napětí 110kV. Tento typ tlakovzdušného vypínače s vnějším rozpojovačem (komory jsou pod tlakem vzduchu jen v době vypínání) byl dále zkonstruován a vyráběn pro napětí 220kV. V oboru tlakovzdušných vypínačů byl dále vyvíjen systém pod stálým tlakem vzduchu. Tyto byly vyráběny v řadách VVR 110, 220 a 400kV. První prototyp tlakovzdušného vypínače VVR 400 výrobce Škoda Plzeň byl uveden do provozu v roce 1965 na rozvodně Hradec u Kadaně. Vypínače byly řešeny na principu stavebnicové konstrukce, přičemž vypínací komory byly uspořádány ve dvojicích tvaru „V“ a jejich počet byl určován podle velikosti napětí a vypínací schopnosti. Vypínací komory byly pod tlakem 2,0 MPa.

První rozvodny 220kV Výškov a Opočíněk byly uvedeny do provozu v roce 1952, vybaveny zahraničními vypínači od firmy BBC. Kompletně vyzbrojená rozvodna zařízením tuzemské výroby byla v roce 1961 rozvodna 220kV Hradec u Kadaně. Zde byly instalovány tlakovzdušné vypínače výrobce Škoda Plzeň typu VV220d.

Zároveň s vývojem tlakovzdušných vypínačů pokračoval vývoj vypínačů s malým množstvím oleje, zejména typu VMM 110, 220 a později typu 6VMM a VOC 132. První vypínače vyrobené Škodou Plzeň využívající zhašecího média plynu SF₆ byly vypínače typu VSV 420 a VSV 123 uvedené do provozu v roce 1984, resp. 1986. [2]

3 Výzbroj rozvoden vvn a zvn v rámci ČR

Každý prvek zařízení včetně nosných konstrukcí a základů musí být specifikován, zvolen a instalován tak, aby vyhověl všeobecným požadavkům, jako jsou elektrické, mechanické a technologické, požadavkům prostředí a zároveň i specifickým požadavkům na umístění, kde bude instalován. Prvky zařízení musí být zvoleny tak, aby vyhovovaly očekávanému namáhání v instalaci, musí řádně fungovat za normálních provozních podmínek. Musí být umožněno kontrolovat polohu vypínacího, odpojovacího a uzemňovacího zařízení buď při přímé viditelnosti kontaktů nebo prostřednictvím mechanického indikátoru polohy. Poloha indikátoru musí jednoznačně určit současnou polohu hlavních kontaktů zařízení vypnuto/zapnuto.

Uspořádání obvodu musí být zvoleno tak, aby vyhovělo provozním požadavkům a požadavkům bezpečnosti. Musí být pokud možno jednoduché a snadno srozumitelné tak, aby spínací operace se mohly provádět bezpečně a rychle. [16]

Provedení přístrojového vybavení rozvoden rozdělujeme dle umístění na zařízení krytá a venkovní. Mezi výhody venkovních rozvoden patří úspory nákladů při realizaci, přehledné uspořádání přístrojů a lepší chlazení. Mezi nevýhody můžeme počítat větší náročnost na půdorysný prostor, uspořádání v jedné výškové hladině a nutnost zesílené izolace přístrojů proti atmosférickým vlivům. Další možností provedení je zapouzďení. Zapouzďení odděluje zařízení umístěné uvnitř od vnějších vlivů (sluneční záření, nečistoty, vlhkost), zabráňuje úniku plynu a zajišťuje stálé izolační podmínky a tvoří ochranu před nebezpečným dotykem.

Provedení rozvoden vvn podle umístění :

- venkovní – klasické provedení



Obr.1 Venkovní rozvodna vvn

- venkovní – kompaktní provedení (pouze HIS)



Obr.2 Vypínač ABB PASS MO DBB po montáži na rozvodně

- vnitřní – zapouzdřené provedení s izolací SF₆ (GIS)



Obr.3 GIS rozvodna Alstom

- vnitřní – klasické či kompaktní provedení kryté halou (budou přípustné pouze rekonstrukce stávajících aplikací)



Obr.4 Vypínač VMM ve vnitřní rozvodně

Přístrojové vybavení rozvodny lze rozdělit na přístroje spínací, měřicí, ochranné a jisticí. Půdorysné uspořádání přístrojů pro výstavbu a rekonstrukci rozvodny vvn ve směru od hlavní přípojnice je následující:

- Přípojniový odpojovač
- Vypínač
- Přístrojové transformátory proudu a napětí, příp. kombinovaný
- Vývodový odpojovač s uzemňovačem
- Omezovače (svodiče) přepětí
- Odpojovač pomocné přípojnice

3.1 Svodiče přepětí

Svodiče přepětí jsou určeny k ochraně proti nežádoucím přechodovým jevům přesahujícím nejvyšší hodnotu provozního napětí. Přepětí můžeme rozdělit na atmosférická, indukovaná a spínací.

Působení svodiče při vzniku přepětí je založeno na snížení impedance svodiče, svedení náboje do země a obnovení impedance na původní velikost izolační pevnosti. Požadované vlastnosti svodiče lze určit následujícími požadavky: malý odpor při výboji zajišťující omezení přepětí, vysoký odpor při normálním provozu, dostatečná schopnost odvedení energie pro zajištění stabilního provozu.

Pro použití v rozvodnách vvn byly dříve používány ventilové bleskojistky složené z jiskřiště a napěťově závislých odporů karbidu křemíku SiC uzavřených v porcelánovém izolátoru. Použitím nelineárních odporů na bázi kysličníku kovů (Metal Oxide, MO), nejčastěji používaného kysličníku zinečnatého ZnO, odpadla nutnost použití jiskřiště a tím vznikly dnes používané svodiče přepětí, skládající se pouze z bloků varistorů ZnO. Konstrukční uspořádání varistorů ve vzduchové mezeře v porcelánové plášťové izolaci, hermeticky přitmelené k přírubám, tvořily nejpoužívanější sortiment svodičů vvn. Další možností provedení svodičů přepětí je trubkové provedení v polymerovém pouzdru se silikonovými stříškami, zajišťující bezpečné a spolehlivé uvolnění tlaku těsnicí deskou při velké mechanické pevnosti. Nejnovější typy svodičů jsou konstruovány s tlakovým předpětím klecové konstrukce vyztužené smyčkami skelného aramidového vlákna, uzavřené v silikonové pryži bez odvětrávacích kanálů. Vlákná, v případě prohoření vnější konstrukce vlivem vnitřního oblouku a úniku vzniklých zplodin, zabrání explozivnímu roztržení svodiče. Svodiče ve všech těchto provedeních bývají osazeny vnějšími potenciálovými kruhy k zajištění stejnoměrného a přijatelného napěťového namáhání podél jejich délky. Další konstrukční provedení svodičů je možné v zapouzdřeném provedení GIS v kovovém pouzdru izolované plynem SF₆. Výhodou je umístění blíže chráněnému zařízení, menší indukčnost instalace a vyšší ochrana v případě přepětí s velmi strmým nárůstem nebo vysokou frekvencí.

Při dlouhodobém zvýšení napětí na svodiči klesá jeho odpor a zvyšují se ztráty, které při nedostatečném odvodu tepla vyústí v havárii svodiče. Pro zajištění spolehlivého provozu je na svodičích v pravidelných intervalech za provozu prováděno měření třetí harmonické odporové složky svodového proudu. Naměřené hodnoty je potřeba korigovat dle aktuální teploty a provozního napětí, stav svodiče je vyhodnocován nejen limitní hodnotou, ale také nárůstem oproti minulému měření.

3.2 Přístrojové transformátory proudu a napětí

Přístrojové transformátory transformují velké proudy a napětí na normalizované nižší a snadno měřitelné hodnoty, které jsou od vysokého napětí galvanicky odděleny, pro účely měření, jistění a regulace. Transformátory jsou vybaveny primárním vinutím, až třemi ochrannými jádry, a až třemi jádry pro dispečerské měření a obchodní měření dle umístění. Přístrojové transformátory vvn můžeme konstrukčně rozdělit pro použití ve vzduchem izolovaných rozvodnách a zapouzdřených rozvodnách.

Ve vzduchem izolovaných rozvodnách jsou používány přístrojové transformátory s izolací plynem SF_6 nebo hermeticky izolované s izolací papír-olej. Provedení s vnitřní izolací SF_6 se používá hlavně v chráněných krajinných oblastech a vodárenských pásmech. Hlava přístrojového transformátoru pro vzduchem izolované rozvodny je vyrobena z hliníkové slitiny s kulatými svorníky nebo plochými vývody. Hermetický a beztlakový uzávěr oleje je zajištěn dilatační kovovou komorou vyrobenou z nerezové oceli. Náplň je tvořena křemičitým pískem napuštěným olejem. Zeslabené části v odlitku hlavy přístroje zajišťují v případě přetlaku řízenou destrukci transformátoru. V případě použití plynu SF_6 a vnitřního přeskočného bývá nárůst tlaku lineární, uvolnění přetlaku zajišťuje pojistný disk v hlavě transformátoru. Izolátory jsou v provedení porcelánovém, kompozitním nebo silikonovém.

Svody jsou opatřeny odstupňovanými kondenzátorovými průchodkami pro zajištění řízení elektrického pole. Kondenzátorové vrstvy v izolaci primárního vinutí mohou být využity jako kapacitní děliče. Odbočka vyvedená z předposlední vrstvy je využívána pro indikaci napětí nebo pro kontrolu stavu izolace měřením ztrátového úhlu $\text{tg}\delta$. Vana přístroje vyrobená z hliníkové slitiny je opatřena skříňkou sekundárních a uzemňovacích vývodů.

Provedení je možné PTP, PTN, PTK.

PTP má svou provozní oblast blízko chodu nakrátko. Rozptylová reaktance je srovnatelná s vnější impedancí zátěže – břemenem. Zdánlivý výkon spotřebovaný břemenem je udáván ve voltampérech a je se jmenovitým převodem proudu, třídou přesnosti a nadproudovým číslem charakteristickou veličinou PTP. Měřicí jádra jsou dle oblasti použití v třídách přesnosti 0.2, 0.5 nebo 1.0, nadproudové číslo udává násobek jmenovitého primárního proudu, při kterém dosáhne chyba hodnoty 10% při jmenovité zátěži. Sekundární svorky bez připojeného břemene musí být spojeny nakrátko.

Induktivní PTN má svou provozní oblast blízko chodu naprázdno. Má malou rozptylovou reaktanci, budící proud je srovnatelný s proudem vnějšího obvodu připojeného na sekundární svorky. Zkratování svorek sekundárního vinutí je nebezpečné. Krajiní zátěž, při které chyba napětí nepřekročí 10%, jmenovitý převod napětí a třída přesnosti jsou charakteristickou veličinou PTN. PTN jsou vyráběny i jako kapacitní PTN s olejovou náplní, tvořené vazebním kondenzátorem a elektromagnetickou jednotkou.

Kombinované přístrojové transformátory slučují PTN a PTP do jednoho prvku a umožňují využít menší prostor rozvodny.

PTN v zapouzdřené rozvodně je jednopólově izolovaný induktivní transformátor jádrového typu. Na jádru magnetického obvodu s průřezem stupňovitého mnohoúhelníku je souose navinuto válcové sekundární, pomocné a primární vinutí. Sekundární a pomocné vinutí je navinuto z izolovaného měděného vodiče na samostatném izolačním pouzdru, každý konec vinutí je připojen na samostatnou svorku v sekundární svorkovnici umístěné na vnějším nálitku víka. Začátek primární cívky je připojen k samostatné svorce v sekundární svorkovnici označené velkým písmenem N. Za provozu musí být svorky označené písmeny n, N spojeny s uzemňovací svorkou. Vnější obvod primárního vinutí a spojky magnetického obvodu jsou opatřeny pomocnými elektrodami pro řízení elektrického pole.

PTP v zapouzdřené rozvodně je tvořeno zapouzdřením a odlitkem přístrojového transformátoru. Zapouzdření je tvořeno dvěma přírubami, pouzdrem a redukcí. Odlitek je tvořen dvěma samostatně umístěnými magnetickými obvody v násuvném provedení ve tvaru dutého válce zalitého epoxidovou pryskyřicí. Vnitřní sekundární svorkovnice je umístěna na čelní straně epoxidového odlitku, vývody jsou provedeny přes ucpávkovou vývodku do vnější sekundární svorkovnice umístěné na nálitku válcového pouzdra.

3.3 Reaktory, tlumivky

Reaktory se vzduchovým jádrem jsou složeny z množství paralelně spojených jednotlivě izolovaných hliníkových nebo měděných vodičů. Reaktory jsou provedeny s pevnou reaktancí nebo s odbočkami pro změnu induktivní reaktance. Vinutí je mechanicky zesíleno pomocí skelného vlákna impregnovaného epoxidovou pryskyřicí vypálenou v peci. Síť horizontálních a vertikálních vazeb spojených se zapouzdřením minimalizuje vibrace reaktoru pro dosažení mechanické pevnosti. Ukončení vinutí je provedeno pomocí sady tyčí, zajišťující tuhý celek schopný odolávat zkratovým podmínkám.

Reaktory sériově spojené s vedením jsou používány pro omezení zkratového proudu, vyrovnání zatížení v paralelních obvodech, omezení nabíjecího proudu kondenzátorových baterií apod.

Filtrační reaktory jsou používány v kombinaci s kondenzátorovými bateriemi a odpory pro širokopásmové harmonické filtrační obvody. Další možnosti použití jsou reaktory pro uzemnění nuly, vyhlazovací reaktory pro omezení zvlnění proudu v DC obvodech apod.

Reaktory mohou být osazeny chlazením nebo železným jádrem - tlumivky.

Kompenzační tlumivky se používají pro kompenzaci kapacitní složky generované málo zatíženým přenosovým vedením nebo kabely, s osazeným tyristorovým řízením pro nastavení kompenzovaného výkonu.

Tlumivky pro zhášení oblouku jsou určeny pro kompenzaci kapacitního proudu během zemní poruchy. Pro zajištění plynulé regulace je používána cívka s plunžrovým (pohyblivým) jádrem.

3.4 Spínací přístroje

Spínací přístroje vvn rozdělujeme dle provozních spínacích schopností a funkčních principů zhášení oblouku do kategorií:

se schopností zhášení oblouku - vypínače

bez schopnosti zhášení oblouku – odpojovače, uzemňovače, zkratovače.

Použití spínacího přístroje je určeno následujícími parametry:

Jmenovitý proud I_r

Jmenovitý proud spínacího a řídicího zařízení je efektivní hodnota proudu, který musí být spínací a řídicí zařízení schopno přenášet v nepřerušovaném provozu za předepsaných podmínek užití a funkce.

Jmenovitý krátkodobý výdržný proud I_k

Efektivní hodnota proudu, kterou spínací a řídicí zařízení může vést v zapnuté poloze po stanovenou krátkou dobu za předepsaných podmínek užití a provozu. Pro vypínače vvn je roven jmenovitému zkratovému vypínacímu proudu.

Jmenovitý zkratový vypínací proud I_{sc}

Nejvyšší hodnota zkratového proudu, který je vypínač schopen vypnout v obvodu se zotaveným napětím průmyslového kmitočtu odpovídajícím jmenovitému napětí vypínače a s přechodným zotaveným napětím.

Jmenovitý dynamický výdržný proud I_p

Vrcholová hodnota první nejvyšší půlvlny zkratového proudu, který spínací a řídicí zařízení snese bez poškození v zapnuté poloze za předepsaných podmínek užití a provozu. Jmenovitý dynamický proud souvisí s kmitočtem. Pro jmenovitý kmitočet 50Hz je hodnota jmenovitého dynamického proudu rovna 2,5násobku jmenovitého krátkodobého výdržného proudu. Pro vypínače vvn je roven jmenovitému zkratovému zapínacímu proudu.

Pro zajištění správné funkce spínacího přístroje je nutno dodržet:

Střádačové ovládání

Spínací přístroj se střádačovým ovládáním musí zapínat a vypínat svůj jmenovitý zkratový proud, pokud je nastřádána dostatečná zásoba energie. Při střádání energie pružinami nebo závažím, tj. je-li pružina napínána, nesmí dojít k předčasnému pohybu kontaktů z vypnuté polohy, pokud není nastřádána energie dostatečná k úspěšnému dokončení zapnutí. Motory a jejich elektricky ovládané pomocné obvody pro napínání pružiny musí spolehlivě pracovat od 85% do 110% jmenovitého napájecího napětí, přičemž kmitočet odpovídá jmenovitému kmitočtu. Vypínač vybavený střádačovým zapínáním musí být schopen vypnout bezprostředně po zapnutí jmenovitého zkratového zapínacího proudu.

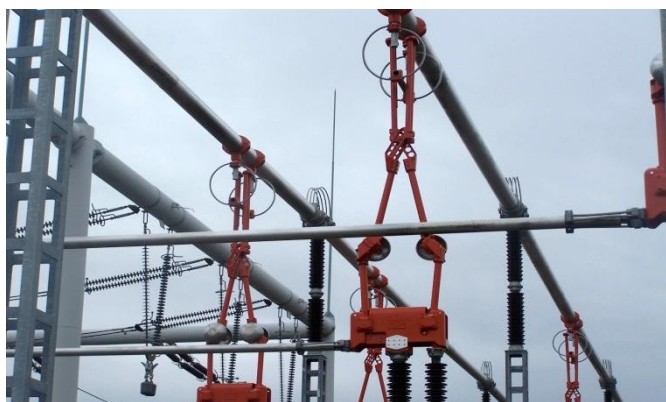
3.4.1 Odpojovače

Odpojovač je přístroj, který mechanicky spojuje a rozpojuje nezatížený elektrický obvod s přednostně viditelnou odpojovací dráhou. Odpojovače se používají k odpojování částí vedení, sítí, strojů a zařízení za účelem revize, opravy nebo změny řazení. Zařazují se před vypínače. Odpojovač slouží především k ochraně osob pracujících na odpojených částech zařízení. Musí tedy naprosto bezpečně zajistit, aby se napětí ze živého úseku nepřeneslo do části, na níž se pracuje, ani když se napětí živého úseku nebezpečně zvýší (přepětím atmosférickým, spínacím). Proto má při vzniku přepětí, přesahujícího izolační pevnost přístroje, nastat vždy přeskok k zemi a nikoli k protějším kontaktům. U přístroje se vzduchovou odpojovací dráhou lze tento požadavek zaručit, provedeme-li jej tak, aby přeskokové napětí k zemi volnou vzduchovou dráhou bylo nižší než přeskokové napětí otevřené kontaktní dráhy.

Odpojovače se vyrábějí v provedení přípojniovém a vývodovém. Vývodový odpojovač je vybaven uzemňovacím nožem, který po odpojení vývodu může vedení uzemnit. Pohon uzemňovače musí být blokován s polohou odpojovače tak, aby nebylo možno zapnout uzemňovací nože, jsou-li zapnuty kontakty odpojovače. Odpojovač lze zapínat pouze při vypnutém uzemňovači.

Podle konstrukčního provedení rozdělujeme odpojovače vvn na tři základní možnosti konstrukce: se třemi, se dvěma nebo s jedním podpěrným izolátorem. Obě krajní podpěrky odpojovače se třemi izolátory jsou pevné a nesou přípojovací praporce a pevné kontakty. Na prostředním, otočném o 90°, je upevněn nůž pohyblivého kontaktu. U provedení se dvěma izolátory jsou obě podpěrky otočné, nesou opět přípojovací praporce a na vyložených tyčích vlastní kontakty. Ramena pohyblivých kontaktů mají při tomto uspořádání délku rovnou polovině vzdálenosti podpěrek s praporcí. Z důvodu úspory místa ve venkovní rozvodně se začaly používat jedno izolátorové sloupové provedení. Na sloupové konstrukci je umístěn pantografický nebo nůžkový mechanismus odpojovacího kontaktu, spojený s jedním vedením. Pevný kontakt je umístěn přímo na druhém vedení a s vlastní konstrukcí odpojovače nesouvisí. Obě propojovaná vedení jsou umístěna nad sebou.

V zimním období se často vytváří na vedení a také na kontaktech venkovních přístrojů námraza, tj. vrstva ledu centimetrové tloušťky. Proto musí být tvary kontaktů a provedení celého mechanismu upraveny tak, aby umožňovaly snadné rozdrčení vrstvy a dobrou spínací činnost i za takových podmínek.



Obr.5 Odpojovač

3.4.2 Vypínače stejnosměrného proudu

Pro využití stejnosměrného přenosu proudu velmi vysokého napětí byly doposud mezi sebou propojovány dva koncové body sítě bez vypínače, který představoval chybějící článek pro rozvoj stejnosměrných přenosových sítí. Přenos stejnosměrného proudu velmi vysokého napětí HVDC je velmi efektivní technologie přenosu na velkou vzdálenost při minimálních ztrátách. Je využívána pro podmořské přeshraniční přenosy, pro přenosy z vodních elektráren do velmi vzdálených míst spotřeby (tisíce kilometrů).

Hybridní vypínač HVDC firmy ABB spojuje výhody ultrarychlého odpojovače a větší rychlosti výkonové elektroniky na polovodičové bázi. Hlavními charakteristikami hybridního vypínače jsou malé ztráty a velmi rychlé operace v řádu několika milisekund. Vypínač si poradí s toky výkonů v řádech tisíců MW. Je konstruován pro síť do 320 kV a 2 kA, může vypínat poruchový proud až 16 kA. Hlavní vypínač se skládá z 80kV modulů obsahujících sériově zapojené polovodiče a omezovače přepětí. Napětí vypínače se zvyšuje přidáním dalších modulů do série.

Při zhášení elektrického oblouku se proud nejdříve komutuje do hlavního vypínače, rozeprne se ultrarychlý odpojovač vystavený pouze malému svodovému proudu při zanedbatelném oblouku. Jakmile je odpojovač v rozeprnutém stavu, hlavní vypínač pomocí výkonových polovodičů přeruší proudovou cestu.[12]



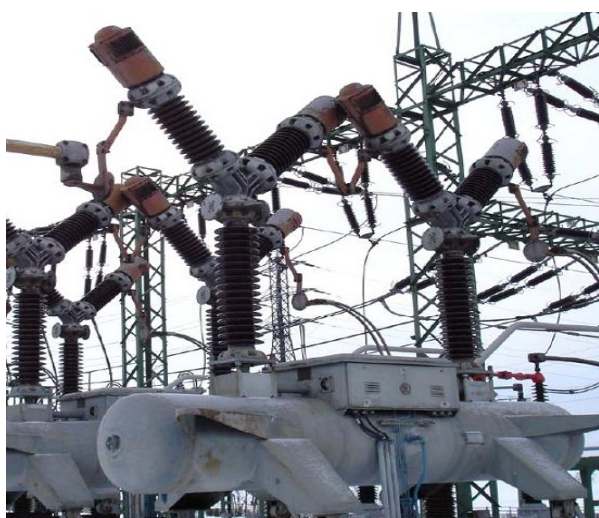
Obr.6 Hybridní vypínač HVDC v testovací laboratoři

3.4.3 Vypínače střídavého proudu

Při vypínání obvodu střídavého proudu využíváme obecně uhasnutí oblouku při průchodu proudu nulou. Synchronizované vypnutí s rychlým oddálením kontaktů, aby nenastal elektrický průraz vedoucí k zapálení oblouku, z důvodu nedosažitelnosti potřebného zrychlení kontaktů se v praxi nepovedlo realizovat. Byly proto vyvinuty zhášecí komory pro zabránění opětného zapálení oblouku. Podle způsobu zhášení oblouku rozlišujeme vypínače vvn:

Zhášení oblouku ve vzduchu - tlakovzdušné

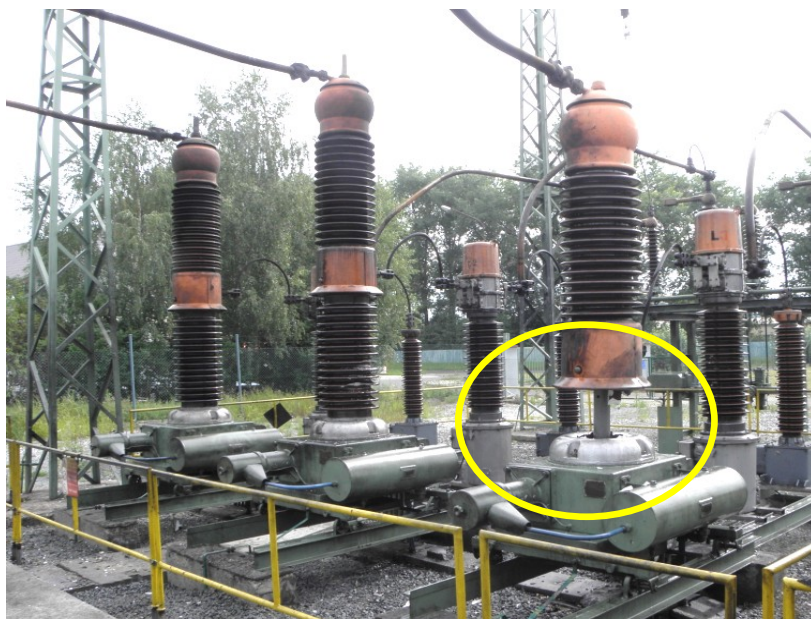
Tlakovzdušné vypínače využívající cizí zhášecí energii již nejsou příliš používány. Zhášecí médium, vzduch, proudí podélně velkou rychlostí ve zhášecí trysce kolem zhášeného oblouku a účinně jej ochlazuje. Tlakový vzduch je nashromážděn v prostoru pod tryskou, uzavřen vypínacím roubíkem. Po vysunutí roubíku z trysky se uvolněnou cestou proud vzduchu proti smyslu pohybu roubíku uvolňuje do prostoru nad kontaktem. Vzduch je potřeba zajistit předem do zásobníků pomocí kompresorů a rozvodů jak pro ofukování oblouku, tak pro vlastní pohon vypínače. Normalizované tlaky dosahují až 6,4MPa. Vzhledem k odporu potrubí mezi vzduchojemem a hrdlem trysky vyvolávajícím dynamické snížení tlaku v prostoru před tryskou na polovinu, proudí vzduch tryskou kritickou rychlostí, např. 314 m.s^{-1} při 20°C . Tlak v trysce klesá na polovinu tlaku před tryskou. Z důvodu možného selhání při vypínání i menších proudů v obvodu s vyšším vlastním kmitočtem tlakovzdušné vypínače vvn musí mít zařazeny do série vždy několik zhášecích komor. Z hlediska vypínacího proudu je potřeba potlačit jev zahlcení trysky. Vzduch v trysce ohřátý obloukem nabývá velkého tlaku a působí proti tlaku zhášecího vzduchu. Pokud přívod vzduchu nedokáže v nule proudu vytlačit z prostoru trysky ionizovaný plyn, který nemá potřebnou elektrickou pevnost, oblouk neuhasíná a zhásedlo selhává. Počet zhášecích komor v sérii je taktéž závislý na napětí, proudu a tlaku vzduchu. Z důvodu nutnosti zajištění rovnoměrného rozložení zotaveného napětí na jednotlivých zhásedlech jsou připojeny ke komorám vypínače kapacitní nebo odporové děliče. Mezi hlavní nevýhody tlakovzdušných vypínačů můžeme zařadit: nároky na výrobu, skladování a rozvod tlakového vzduchu, nároky na mechanické provedení a těsnost vypínače z důvodu vysokých provozních tlaků a rázů, hlučnost.



Obr.7 Vypínač Škoda VVR

Zhášení oblouku v oleji - maloolejové

Kapalinové vypínače pro vvn jsou zastoupeny výhradně maloolejovými vypínači. Vypínače pracují při velkých proudech na principu mechanické výměny prostředí tepelným rozkladem oleje působením oblouku, při malých proudech probíhá zhášení oblouku na principu radiální výměny částic. Provedení vypínačů je sloupové, s mechanismem umístěným ve spodní části vypínače. Laminátové pouzdro zhášecí komory je kryto porcelánovým převlekem. Kontaktní soustava se ovládá izolační tyčí vedenou dutinou podpěrného porcelánového izolátoru ze skříně pohonu, která tvoří zároveň podvozek vypínače. Mezi hlavní nevýhody patří samotné použití izolačního oleje. Nejpoužívanější jsou oleje minerální získávané destilací z ropy. Převážnou část tvoří uhlovodíky, dále sloučeniny síry, kyslíku, dusíku a kovy obsažené v solích. Životnost izolačního oleje je závislá především na specifických podmínkách a degračních faktorech. Vlivem tepelného působení oblouku dochází k degradaci, snížení elektrické pevnosti vlivem obsahu látek vzniklých hořením oblouku a zvýšeným obsahem vody vlivem vzdušné vlhkosti nehermetizovaného prostoru zhášecí komory. Působením vlhkosti se zhoršují vlastnosti nejen kapalných, ale i pevných dielektrik ve vypínači. Při styku pevné látky s vlhkostí může dojít k absorpci vody do objemu látky nebo vytvoření vrstvy vody na povrchu. Při vyšších teplotách dochází v elektroizolačním oleji k vývinu plynů, zhoršujícím jeho vlastnosti. V elektrickém oblouku se při vzniku vodivého ionizovaného kanálu vytváří velké množství acetylénu. Plyny mohou vznikat nejen jako produkty hoření oblouku, ale také jako rozkladný produkt koroze nebo chemických reakcí zahrnujících ocel, ochranné nátěry i neošetřené povrchy. Každá manipulace s olejem a taktéž každá operace vypínače je potenciálním rizikem pro životní prostředí. Vlivem působení vlhkosti nejen na izolační olej, ale i na izolační táhla, pouzdra zhášecích komor a podpěry může docházet k destrukcím vypínačů. Ekologická likvidace kontaminovaného okolí, opravy okolních poškozených zařízení zvyšují dobu přerušení dodávek energie zákazníkům. Při rekonstrukcích rozvodů jsou kapalinové vypínače nahrazovány vypínači s plynem SF₆.



Obr.8 Vypínač maloolejový VMM po destrukci podpěrného izolátoru

Zhášení oblouku v plynu SF₆ - tlakoplynové

Vypínače vvn jsou již vyráběny pouze v provedení se zhášecími komorami plněnými plynem SF₆. Elektroizolační, silně elektronegativní (zachycuje volné elektrony), plyn SF₆ patří k nejstabilnějším sloučeninám. Vyznačuje se velkou elektrickou pevností (3 krát vyšší než elektrická pevnost vzduchu), nehořlavostí, chemickou stálostí, dobrými vlastnostmi pro odvod tepla (2,5 krát větší tepelná vodivost oproti vzduchu) a výbornými zhášecími vlastnostmi. Je přibližně pětikrát těžší než vzduch, stabilní do 500°C. Čistý plyn je bez zápachu, bez chuti, bezbarvý, nehořlavý a inertní (nekorosivní).

Oblouk se vyznačuje úzkým horkým jádrem s velkou vodivostí, obklopený téměř nevodivým obalem, kde probíhají rozkladné a rekombinační reakce.

Při hoření oblouku ve spínací komoře je část SF₆ rozložena na ionty S a F. Reakce je plně vratná za předpokladu, že nedojde k reakci s párami materiálu uvnitř komory. Původ nečistot v plynu lze rozdělit:

- Nedokonalá vakuace vypínače před plněním
- Nečistoty obsažené v plynu SF₆ při plnění
- Částečné výboje – korona a jiskření v komoře vypínače
- Eroze materiálu komory během zhášení oblouku
- Mechanická eroze materiálu komory
- Tavení a tepelný rozklad materiálu při zhášení oblouku
- Chemické reakce ve výkonových vypínačích
- Oblouk v teflonové trysce – teflon se rozkládá na atomární uhlík a plyn CF₄

Chemické reakce mezi zbytky plynu a možnou vlhkostí na vnitřních povrchových plochách ve spínacích komorách



Reakce mezi fluorovodíkem a porcelánovou glazurou



Reakce na kontaktech



U vvn a zvn vypínačů se v kontaktním systému používají pomocné proudové kontakty, které zlepšují proces zhášení spolu s velkou teflonovou tryskou, která chrání styk kontaktů. Další možností zlepšení zhášení je použití radiálních kanálků v teflonové trysce. Tyto kanálky jsou při sepnutých kontaktech zablokované, avšak po jejich odblokování, při oddalování kontaktů, má možnost plyn proudit všemi směry, čímž se optimalizuje průchod kolem oblouku a plyn může proudit rychleji.[19]

Vypínače vvn se používají ve dvou provedeních.

V jednopólovém uspořádání se samostatnými pohony pro jednopólový i třípólový OZ, používané převážně pro vývody vvn linek, pole KSP a SPP. Elektromotorický pohon s pružinovým střadačem musí umožňovat jmenovitý sled funkcí 0-0,3-CO-3min-CO s možností ručního ovládání a nastřádání pohonu.

V trojpólovém uspořádání se společným pohonem pro všechny póly s možností třífázového OZ, používané převážně pro vývody transformátorů, SP a některé vývody linek. Elektromotorický pohon s pružinovým střadačem musí umožňovat jmenovitý sled funkcí CO-3min-CO s možností ručního ovládání a nastřádání pohonu.

Vlivem provozu dochází taktéž u těchto vypínačů k ekologickým haváriím, kdy do ovzduší unikne kompletní náplň vypínače. Při destrukci přístroje na rozvodně dochází k poškození nejen postiženého zařízení, ale i okolních izolátorů a přístrojů v sousedních polích.



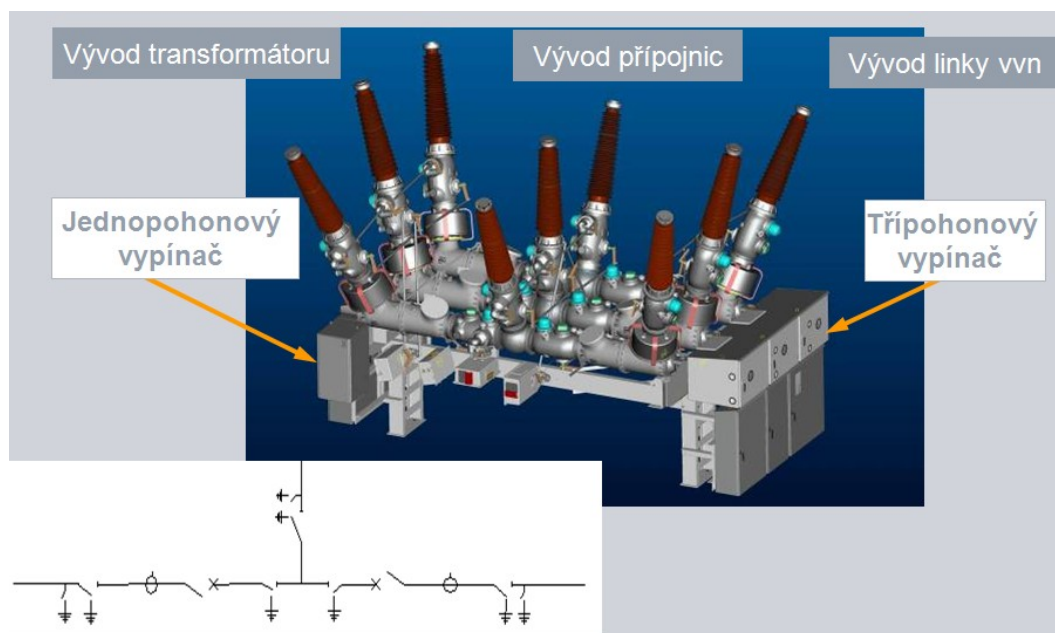
Obr.9 Vypínač SF₆ po destrukci komory

Vypínače lze rozdělit dle konstrukce provedení zhášecí komory na tzv. Live-Tank a Dead-Tank. Technické vlastnosti provedení „Live-Tank“: Póly se skládají z podpěrného izolátoru, který zajišťuje odizolování samotného vypínače vůči zemi, a z komorového izolátoru, ve kterém se nachází jednotka zhášedla. Materiál tohoto pláště může být v provedení z porcelánu nebo z kompozitu se skleněným vláknem. Jednotka přerušovače se nachází na elektrickém potenciálu, je tedy „live“ neboli „živá“. Napětová hladina, pro kterou jsou tyto vypínače určeny, určuje průraznou vzdálenost izolátoru jak pro jednotku přerušovače, tak pro podpěrný izolátor pólového sloupce. Pohyblivé kontakty zhášecí jednotky s izolačním táhlem mohou být spojeny s pohonem otočným hřídelem, spojovacími táhly a pákami. Tyto vypínače již byly popsány v mnoha různých pracích, proto se budu věnovat dalším typovým provedením.

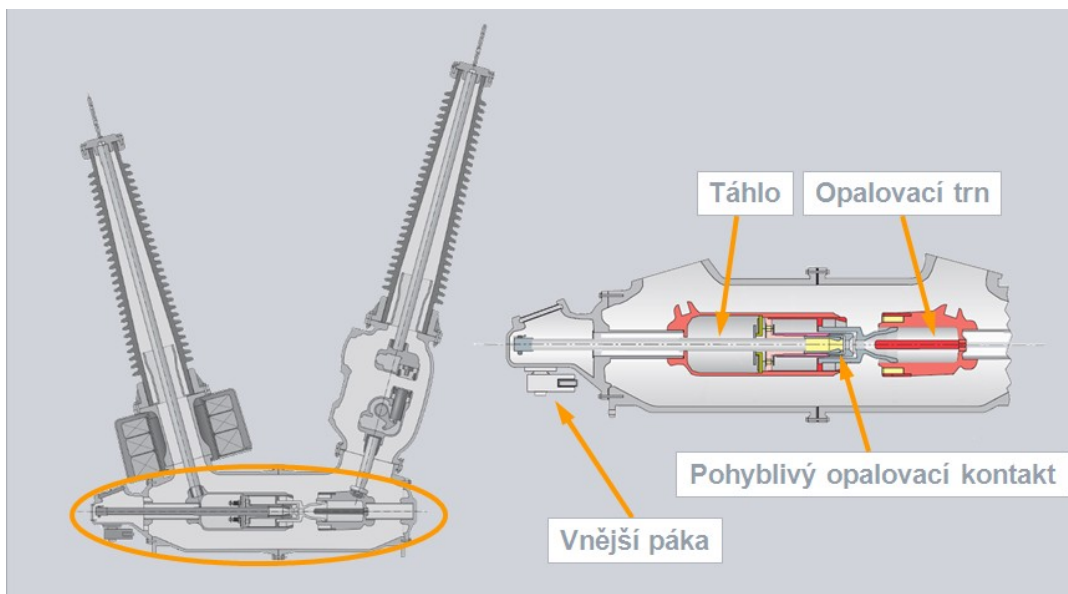
Technické vlastnosti provedení „Dead-Tank“: Významnou vlastností technologie „Dead-Tank“ je umístění jednotky zhášedla v uzemněném kovovém pouzdře, které se proto označuje jako „dead“ neboli „mrtvé“. V tomto uspořádání tvoří izolaci mezi komponenty jednotky přerušovače a kovovým pouzdrem náplň SF_6 . Spojení jednotky přerušovače s přípojkami vvn probíhá přes venkovní průchodky. Výhodou vypínače v provedení Dead-Tank je pokrytí velkého teplotního rozsahu -50°C až $+55^\circ\text{C}$ s náplní čistého plynu SF_6 .

Konstrukční uspořádání vypínače se vyznačuje velkou variabilitou dle požadavků zákazníka. Stejně jako u předcházejícího provedení je možno zvolit mezi jednopohonovým a třípohonovým provedením. Další možnosti zapojení jsou s vývody pro kabelové koncovky, napěťové i proudové přístrojové transformátory, uzemňovače a zkratovače. Systémové zapojení je možné s jedním nebo dvěma vypínači, s odpojovačem a bez odpojovače, se dvěma nebo třemi přívody na fázi. Na obrázku č.10 je znázorněn vypínač s jednopohonovým vypínačem pro transformátor, třípohonovým vypínačem pro linku vvn, vývodem pro přípojnic v rozvodně.

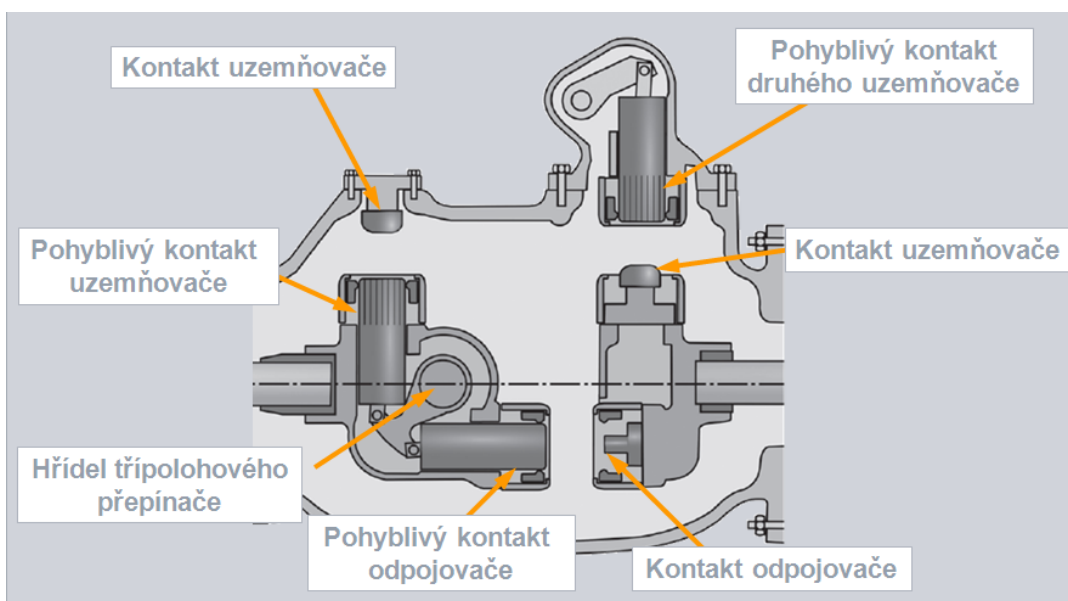
Na obrázku č.12 je znázorněno maximální vybavení prostoru odpojovače se dvěma uzemňovači. Pro provádění údržby a diagnostiky je však potřeba provést kompletní vypnutí pole rozvodny včetně přívodní linky, v případě provedení s pevnou přípojnici bez pomocného odpojovače je potřeba vypnutí celé rozvodny.



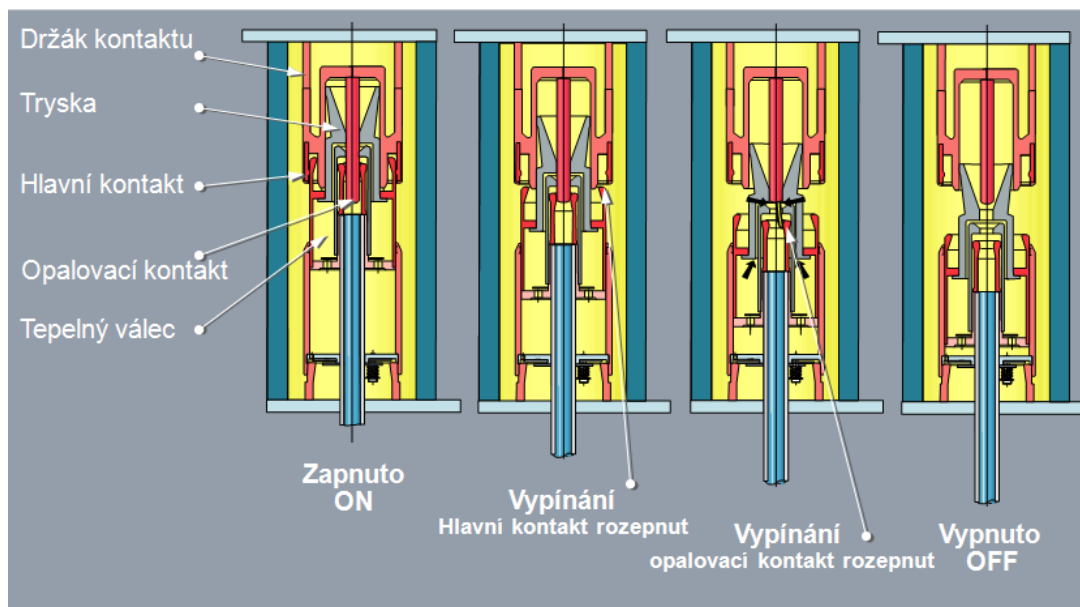
Obr.10 Možnost skladby rozvaděče Siemens



Obr.11 Uspořádání kontaktu vypínače Siemens v komoře



Obr.12 Uspořádání odpojovače u uzemňovače Siemens



Obr.13 Vypínač Siemens 3AP1 DTC „Dead-Tank“ s průběhem vypínání

3.4.4 Kompaktní rozvodny

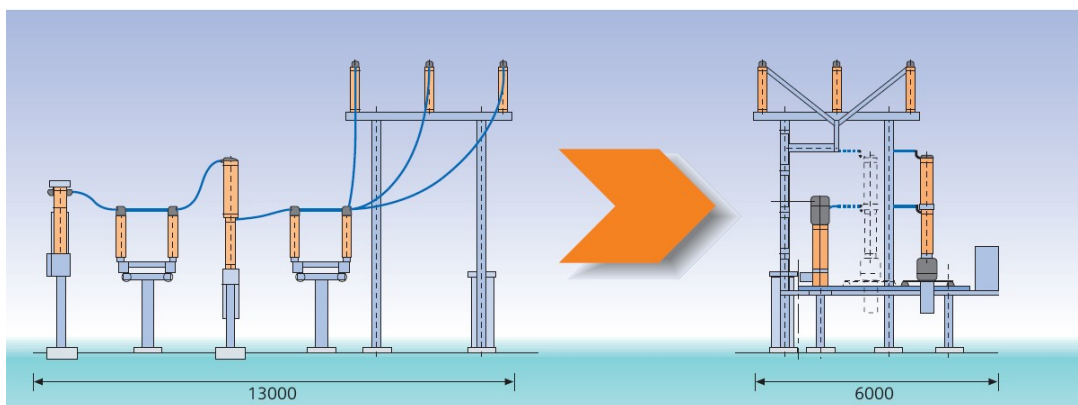
Samostatným provedením lze nazvat provedení kompaktní venkovní rozvodny s výsuvným vypínačem. Společná základní konstrukce ze žárově pozinkované oceli nese vvn vypínač, elektromechanickou výsuvnou jednotku, měřicí transformátor proudu nebo kombinovaný, uzemňovací panel a ovládací panel. Vypínače SIMOVER jsou určeny pro rozvodny s jedním systémem přípojníc.

V rozvodnách vvn s výsuvnými vypínači odpadají, stejně jako u některých zapojení vypínačů „Dead-Tank“, přípojnícové a vývodové odpojovače. Výrazně se tímto snižuje prostorová náročnost rozvodny. Výhodou je také přehledný stav sepnutí. V odpojené poloze jsou přípojnice, spínač i vývod navzájem odděleny dobře viditelnou odpojovací dráhou. Odpojovací vzdálenosti se podobně jako u vn zasouvacího vypínače dosahuje posunem vypínače po kolejničích. Výsuvná jednotka je tvořena elektromotorem a vozíkem, pohon je zajištěn řetězovými převody. Další možností je provedení s výklopným mechanismem viz obr. 15.

Pohyb pojezdu je blokován zapnutým stavem vypínače, vypínač je možno sepnout pouze v koncových polohách pojezdu.

K připojení na straně vvn má vypínač zásuvné kontakty namontované přímo na stávající přípojně plochy. Protikontakty jsou připevněny na podpěrné izolátory, případně na měřicí transformátory.

Kompaktní rozvaděče Siemens jsou vyráběny dle požadavku s vypínači 3AP1 v provedení s jedním společným operačním mechanismem FG pro 3 pólový OZ, případně v provedení FE se samostatným pohonem pro každý pól vypínače pro 1 pólový OZ.



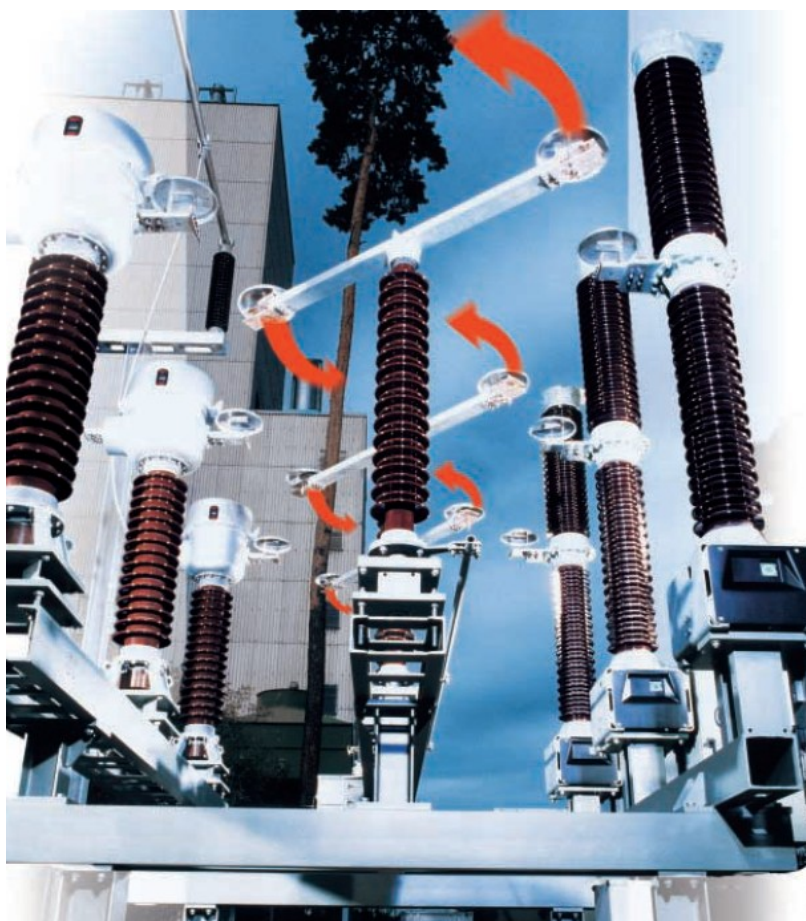
Obr. 14 Prostorové uspořádání výsuvného vvn vypínače Siemens



Obr. 15 Vypínač SIMOVER ve vypnuté poloze

Jinou možností provedení kompaktní rozvodny je vypínač s odpojovači s dvojitou spínací dráhou. Společná základní konstrukce ze žárově pozinkované oceli nese vvn vypínač, motorem poháněnou odpojovací dráhu, PTP nebo PTK, uzemňovací panel a ovládací panel.

Spínací princip přístroje Siemens SIMOBREAKER funguje rotací odpojovače s dvojitou spínací dráhou, nacházející se na otočném izolátoru, kterým se vytváří spojení mezi vypínačem a měřicím transformátorem. Zajištění spolehlivosti provozu je dosaženo použitím komponentů používaných v tradičních rozvodnách vvn.



Obr.16 Siemens Simobreaker

Dalším typem kompaktního provedení rozvodny je v současnosti i rozvaděč firmy ABB Compass Module 123. Multifunkční zařízení se vyrábí pro zatížení 2000A se zkratovou odolností 40kA. Pohyb vypínače se silikonovými izolátory na konstrukci je zajištěn na kolejnicích bočním směrem. Sestava se dle požadavku skládá z vypínače s jedním nebo třemi pohony, dvou odpojovačů, až dvou uzemňovačů, PTP, PTN, svodiče přepětí a ovládací skříň. Díky integraci PTP přímo do vypínače dochází k úspoře plynu SF₆.



Obr.17 Vypínač ABB Compass Module 123 v odpojené poloze

3.5 Zapouzdřené rozvodny

Nové rozvodny vvn jsou budovány v zapouzdřeném provedení z důvodu úspory místa, potřebného pro výstavbu. Zapouzdřené rozvodny jsou díky svému pouzdru odolnější vůči vnějším vlivům, ať se jedná o vlivy mechanické, chemické nebo elektromagnetické. Naopak samy nejsou zdrojem rušení, jehož intenzita obecně stoupá s napětovou úrovní. Při jejich použití odpadá i problém se znečištěním, kterým mohou venkovní rozvodny trpět.

Prvky rozvaděče jsou řešeny stavebnicově, aby bylo umožněno sestavení polí rozvaděče podle požadovaného schématu zapojení.

Kompaktní modulární rozvodna s hybridní izolací (HIS) je složena z jednopólově zapouzdřených silových prvků v uzavřených nádobách naplněných plynem SF_6 umístěných jako celek na společné konstrukci. Vzduchem izolované přípojnice určují umístění především ve venkovních vvn transformačních stanicích. Izolátory průchodek jsou vyrobeny z polymerů.

Kompaktní modulární rozvodna s plynovou izolací (GIS)

Zapouzdření může být jednofázové nebo třífázové. Zapouzdření je přitom rozděleno na plynotěsné oddíly, aby případná porucha byla omezena jen na postižený oddíl bez nepříznivého vlivu na

sousední oddíl. Takovou poruchu eliminují různé ochrany, které jsou odvozeny zejména od změn tlaku plynného izolantu, od spektra oblouku nebo od průchodu zkratového proudu zapouzdřením. Některé z těchto ochrany musí také umožnit snadné zjištění místa vzniku poruchy. Nárůst tlaku plynu SF₆ v zapouzdření je omezen destrukčními pojistkami, kterými je vybaven každý oddělený plynový prostor.

Předností jednofázového zapouzdření přípojníc je vyloučení mezifázových zkratů, snadnost podélného dělení přípojníc jednopólově zapouzdřenými odpojovači a možnost odděleného uspořádání fází přípojníc. Trojfázové zapouzdření zaujímá menší prostor a může být použito jako nosná konstrukce. Výměna přípojníc a připojení trojfázově zapouzdřených přístrojů je však složitější.

Protože vlivem zapouzdření je obtížné připojit zkratovací soupravy nutné pro práci na odpojeném zařízení, provádí se zkratování samostatnými zkratovači umístěnými uvnitř zapouzdření. Klasické magnetické i kapacitní transformátory napětí vyžadují velký prostor v zapouzdření, proto se často využívá vlastností konfigurace vodič-zapouzdření, vodič-plášť kabelu nebo vodič-kondenzátorová průchodka jako součást kapacitního transformátoru obvykle ve spojení s elektronickým zesilovačem. Přístrojové transformátory proudu se často umísťují mimo zapouzdření a jsou nahrazeny násuvnými transformátory proudu, umístěnými na plášti kabelů, průchodkách transformátorů nebo staničních průchodkách. Pokud jde o venkovní a vnitřní zapouzdřené provedení, liší se venkovní provedení zapouzdřených rozveden v podstatě pouze provedením zařízení pohonů, ovládání, signalizaci a blokování, tedy pouze zařízením nn. Při montáži venkovního zařízení je nutná úprava povrchu proti vlivu povětrnosti, aby se neporušilo zapouzdření a nemohla do něho vnikat vlhkost.

Rozváděč může být složen z následujících součástí:

Přípojnice, přípojnicový odpojovač, vypínač, přístrojový transformátor proudu, přístrojový transformátor napětí, kabelová koncovka, venkovní vývod, vývodový zkratovač, přípojnicový zkratovač, spojovací díly, ovládací skříň.

Vypínač se skládá ze tří samostatných jednopólově zapouzdřených jednotek, které jsou namontovány na společném rámu. Vypínač je umístěn svisle, přičemž proudovodná dráha může tvořit záhyb „U“ nebo „Z“.

Odpojovač je konstrukčně řešen s motorovým pohonem a ovládáním z místa nebo dálkovým a může být namontován v libovolné poloze. Skříň pohonu obsahuje elektromotor s převodovkou, řetězové převody, spojku a signální kontakty. Na skříni pohonu je umístěn mechanický ukazatel stavu odpojovače. Při sejmutí krytu pohonu je blokováno ovládání odpojovače.

Zkratovač je montován na pouzdro a může být provozován jako samostatný přístroj nebo spojený s odpojovačem. Zkratovače jsou vyráběny s elektrickým i ručním pohonem, jsou vybaveny pákovým mechanismem s poháněcí pružinou, tlumičem a kontaktním systémem. Zkratovač slouží k uzemnění části elektrického zařízení a zaručuje bezpečnost při revizních pracích.



Obr.18 Zapouzdřená rozvodna 110kV s jednofázovým zapouzdřením



Obr.19 Zapouzdřená rozvodna 110kV s trojfázovým zapouzdřením

4 Provozní stav vypínače, parametry vypínače v provozu

4.1 Požadavky na stav vypínače - Provozní podmínky

Provozními podmínkami lze nazvat souhrn provozních vlastností, technických specifikací, podmínek provozu, údržby a oprav vypínače. Vypínač je provozuschopný, jestliže je schopen vykonávat stanovené funkce dle technických podmínek a požadavků. Pro provoz můžeme vycházet z pojmů jako bezporuchovost, životnost, opravitelnost.

4.2 Údržba zařízení

Údržba je z hlediska spolehlivosti stav zařízení, kdy daný prvek (nebo skupina prvků) není schopen plnit svou funkci, protože je v údržbovém prostoji. Každý údržbový prostoj tedy ve své podstatě znamená snížení spolehlivosti daného systému. Je-li prvek v údržbě, není v provozu ani v pohotovosti. V případě sériového spolehlivostního systému způsobuje údržbový prostoj výpadek celého systému. V případě paralelního spolehlivostního systému způsobuje údržbový prostoj snížení celkové spolehlivosti systému, má tedy vliv na intenzitu a střední dobu výpadků. Správně prováděná údržba však na druhé straně koriguje proces stárnutí prvku. Tím vlastně koriguje hodnotu intenzity poruch daného prvku a tím zlepšuje spolehlivost prvku i systému. [1]

Metody údržby zařízení rozdělujeme na:

Preventivní údržba – zastoupena v největší míře v energetických firmách platným zpracovaným systémem řádu preventivní údržby. Údržbové a diagnostické metody jsou prováděny dle přesně stanovených intervalů a rozsahu jednotlivých stupňů prováděných činností, stanovených dle doporučení výrobců a na základě zkušeností s provozem zařízení. Plánováním činnosti lze předcházet poruchám. Není zohledňováno umístění vypínače v síti, aktuální stav vypínače, přenášené zatížení, možnost zálohy dodávky energie.

Korektivní údržba – tzv. provoz do poruchy – údržbová činnost je omezena na nejnutnější doplňování provozních náplní a kontrolu zařízení. Zařízení je provozováno do poruchy, kdy je následně provedena oprava nebo výměna za funkční zařízení. Cílem je co nejrychleji a nejefektivněji minimalizovat důsledky vzniklé omezením funkčnosti zařízení. Součástí korektivní údržby je analýza příčin, důsledků a řetězení poruch.

Prediktivní údržba CBM (Condition Based Maintenance) - dle skutečného stavu – na základě prováděných kontrolních, monitorovacích a diagnostických činností je možno sledovat a vyhodnocovat skutečný technický stav vypínače a prováděnou údržbovou činnost zaměřit na problémovou část zařízení. Poskytuje zvýšenou provozní životnost a umožňuje efektivní plánování preventivních nápravných opatření.

Spolehlivostně orientovaná údržba RCM – údržba dle skutečného stavu doplněná zohledněním hlediska dopadu poruchy vypínače na provoz celé sítě. Cílem je vytvoření takové strategie údržby, aby při minimalizaci provozních nákladů byla zajištěna potřebná míra spolehlivosti, bezpečnosti a ohleduplnosti k životnímu prostředí. RCM je nástroj dovolující řídit či zlepšovat kvalitu údržby, poskytuje podklady pro odpovídající rozhodnutí a je aplikován mimo existující řídicí údržbové systémy. RCM může zefektivnit a optimalizovat stávající systém údržby a obnovy zařízení.

Pro každé zařízení, které požadujeme začlenit do systému RCM, je potřeba sestavit rovnici celkových provozních nákladů jako funkci intenzity údržby a hledá se její lokální minimum. Pro sestavení této rovnice je potřeba analyzovat poruchovost zařízení modelem stárnutí, popisem technického stavu a stanovení důležitosti zařízení. Toto lze vyčíslit náklady na údržbu prvku, náklady na opravu prvku, náklady při výpadku prvku a dalšími náklady, např. vlastní spotřebu prvku apod..

Z provozního hlediska je možné předcházet pouze poruchám postupným a nikoli náhlým, způsobeným převážně vnějšími vlivy. Předpokládá se, že každá údržba vrátí zařízení do 100% stavu, což je v reálné údržbě těžko proveditelné, jelikož na všech neměnných částech se projevuje míra opotřebení.

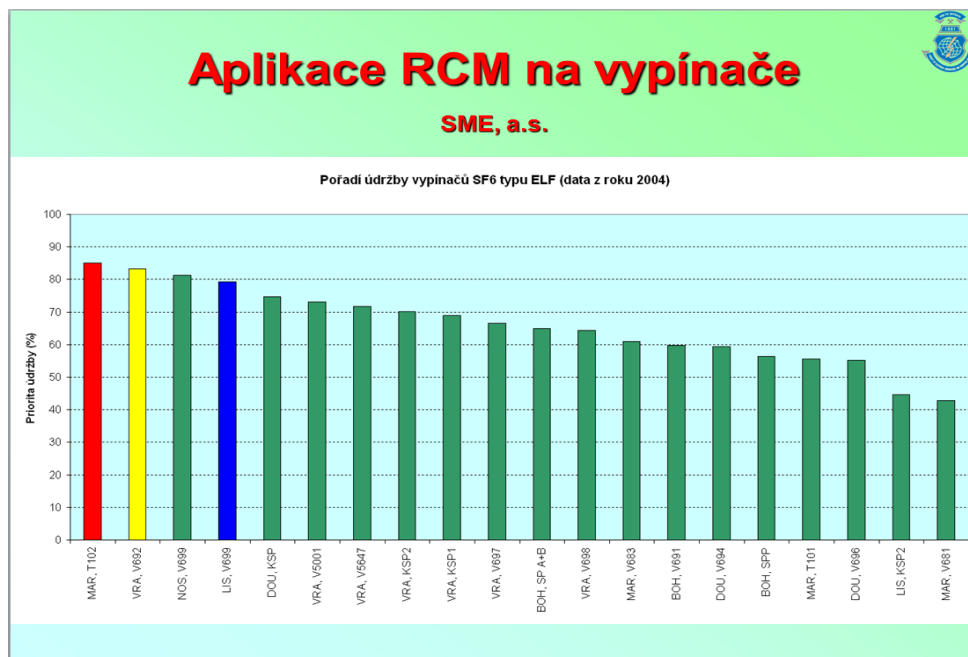
Pro zavedení systému RCM údržby na vypínačích vvn byla v Severomoravské energetice vyčleněna skupina vypínačů SF₆ typu ELF v počtu 14ks a vypínačů maloolejových VMM v počtu 142ks. Pro vyhodnocování skutečného stavu byla přijata kritéria a rozsahy hodnocení viz tabulka.

Kritérium	Váha (%)	Rozsah hodnocení (%)	Hodnocení	Popis
Klimatické podmínky	5	100		čisté ovzduší s nízkou pravděpodobností vzniku námrazy
		0		znečištěné ovzduší (prach, chemikálie) nebo možnost vzniku extrémní námrazy
Typ vypínače (dle zhášecího média)	60	100		SF ₆
		60		Maloolejový
Stáří vypínače	40	$= \left(1 - \frac{\text{aktuální rok} - \text{rok výroby}}{40} \right) \cdot 100$		do 40 let
		0		nad 40 let
Počet spínacích operací od posledního zásahu / limit do zásahu	100	100		pro hodnoty : 0 - 1/2
		50		1/2 - 3/4
		25		3/4 - 1
		0		více než 1
Těsnost zhášecí komory	60	100		těsná
		50		drobné úniky
Druh pohonu	20	100		pružinový
		80		hydraulický
		60		vzduchový

Počet motohodin pohonu od posledního zásahu / limit do zásahu	60	100		pro hodnoty : 0 - 1/2
		50		1/2 - 3/4
		25		3/4 - 1
		0		více než 1
Těsnost tlakového systému pohonu	60	100		bez úniku
		80		drobné netěsnosti
		50		větší netěsnosti
Vyhodnocení diagnostických zkoušek vypínače	100	100		stupeň 1 dle ODaM
		66		stupeň 2 dle ODaM
		33		stupeň 3 dle ODaM
		0		stupeň 4 dle ODaM
Stav kovových částí (koroze, nátěr)	10	100		bez koroze
		90		mírná koroze
		70		rozsáhlá koroze
Stav uzemnění	5	100		bez závad
		50		zjištěná závada nebrání bezpečnému provozu
Stav izolátorů	50	100		v pořádku
		90		poškození glazury, znečištění
		50		rozsáhlejší poškození
Doba od posledního zásahu / limit do zásahu	100	100		pro hodnoty : 0 - 1/2
		50		1/2 - 3/4
		25		3/4 - 1
		0		více než 1

Tab.1 Tabulka kritérií pro hodnocení stavu

Hodnoty váhy a rozsahu byly upřesněny citlivostní analýzou dle technického stavu a provozní důležitosti výkonových vypínačů typu ELF. Pro různé hodnoty provozní důležitosti byly stanoveny limitní hodnoty priority údržby. Do vytvořeného software pro vyhodnocování RCM byly doplněny výsledky dle posouzení stavu vypínačů a zpracovány. Na základě zjištěných výsledků, viz graf, bylo rozhodnuto o provedení opravy několika vypínačů.



Obr.20 Vyhodnocení stavu vypínačů ELF

Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1 - 110 kV										Kritérium závažnosti									
Typ vypínače										Kritérium závažnosti									
ELF SF2-1, 145pc1																			

Tab.2 Kritéria pro hodnocení diagnostiky vypínače ELF

4.3 Diagnostika vypínače

Pro stanovení momentálního stavu vypínače můžeme vycházet z prohlídek a měření, provedených na vypínači. Základní parametry jsou zjišťovány při provádění údržbové diagnostiky dle metodiky Řádu preventivní údržby ČEZ Distribuce.

Diagnostické metody pro posouzení stavu vypínače můžeme rozdělit na testy statické, kdy testovaný vypínač je v klidu a všechny pohyblivé části vypínače jsou ve stabilní poloze, a testy dynamické, kdy se jedná o provozní zkoušky nebo jejich simulace, s vypínačem provádíme funkční operace ZAP, VYP a jejich kombinace.

Při provádění údržbové diagnostiky na vvn vypínači se zhášecím médiem SF₆ jsou prováděny následující činnosti:

- Měření funkční doby spínacích operací C,O, případně jejich kombinací. Kontrola soudobosti pólů. Měření proudu ovládacích cívek, u vypínacích hlavní i záložní

Účelem tohoto měření je provést kontrolu časů spínání jednotlivých operací, kontrolu soudobosti vypnutí a zapnutí všech pólů vypínače, změření proudu procházejícího ovládacími cívkami, kontrolu pohybu a zrychlení kontaktu hlavní proudové dráhy vypínače a kontrolu spínače pomocných kontaktů. Pokud to diagnostický systém umožňuje, současně se zaznamenává i napětí na ovl. cívkách.

Principem měření je zjištění času mezi přivedením impulsu na ovládací cívky vypínače a sepnutím /rozepnutím jednotlivých hlavních kontaktů. Běžným používaným principem měření je připojení svorek na póly vypínače a zaznamenáním zkratu/rozepnutí obvodu detekujeme sepnutou/rozepnutou polohu hlavních kontaktů vypínače. Stopkami je změřen čas zapnutí/rozepnutí. Vzhledem k rozdílné konstrukci kontaktů vypínačů používaných na hladině vvn však tato metoda nemusí být vždy dostatečně přesná. [19]

Při tomto měření jsou nejčastěji nalezeny závady způsobené stárnutím špatně zvoleného maziva pohyblivých částí pohonu vypínače, vadnými částmi mechanismů a vysokým přechodovým odporem spojů elektrických ovládacích obvodů. Závady na vypínačích způsobují zpoždění zapínacích a vypínacích časů vypínače, na které jsou nastaveny systémy ochrany na rozvodnách. Z tohoto důvodu nemusí být zajištěna selektivita vypínání. V případech, kdy dochází k nesoučasnosti sepnutí, případně rozepnutí hlavních kontaktů nad povolenou hodnotu, dochází k nadměrnému zatěžování sítě a taktéž k problémům v nastavení ochrany. Pokud hodnota nesoučasnosti mezi póly přesáhne čas nastavený v ochranách pro vyhodnocení nesouhlasu pólů, dojde k vypnutí vypínače. Doba působení rozdílové ochrany je cca 25 - 30 ms. Kvůli starším vypínačům je nastavena funkce, která zablokuje vypínání, pokud se aspoň v jedné fázi objeví 2. harmonická ze zapínacího nárazu. Tato blokáda je nastavena na 1 periodu = 20 ms. Celková vypínací doba ochrany tak činí 45 - 50 ms. Vypínače by ale měly souměrně zapínat do 40 ms.

Tímto měřením bylo taktéž nalezeno poškozené táhlo hlavního kontaktu, kdy pohon vypínače i signalizace fungovaly bezchybně, ale hlavní kontakt byl stále v zapnutém stavu. Mechanické závady pohonu vypínače zjištěné při provádění diagnostiky by mohly vést k dalšímu zhoršování stavu vypínače a následně k selhání jeho funkce.

- Měření vibrací

V tomto měření je provedena kontrola funkce vypínače pomocí vibračních charakteristik dle záznamu signálu snímačů pohonu a komor při zapínání a vypínání. Toto měření doplňuje měření funkční doby spínacích operací a vlastní měření vibrací může u vypínačů vvn nahradit měření pohybu hlavního kontaktu vypínače. Při provedené operaci vypínače je snímači připojenými přes zesilovač snímán akustický signál z vypínače. Pro posouzení naměřených hodnot je potřeba dodržovat vždy stejný způsob montáže snímače, umístěný na stejném místě vypínače. V případě uvolnění snímače, případně jinde zvoleného místa montáže nelze výsledky měření spolehlivě interpretovat. Zpracování výsledků je možné dvěma způsoby. První je porovnání průběhu křivek vibrací změřených na vypínači s průběhy změřenými v minulosti, kdy změny v průběhu křivek znamenají změnu oproti předchozímu měření, druhá možnost je zpracování tzv. DTW analýzy. DTW (Domain Time Wrapping) analýza zpracovává průběhy naměřených hodnot v čase a porovnává naměřené úseky nejen z pohledu absolutního průběhu v čase, ale také časového průběhu naměřených hodnot. Ke každému vzorku z naměřeného průběhu je nalezen vzorek se stejným průběhem na druhé křivce. Je stanoven jejich časový posun a absolutní rozdíl naměřených hodnot. Pro vyhodnocení je potřeba mít vhodné referenční měření a zkušenosti s interpretací výsledků. Na základě vyhodnocení průběhů vibrací lze určit příčiny nestandardního průběhu pohybu kontaktu. Z grafu zapnutí (např. grafč.5) je patrný elektrický povel cívice, přitažení cívky a uvolnění ovládací západky, průběh pohybu do prvního doteku kontaktu a rúžice, průběh zasunutí kontaktu a závěrečné tlumení. Vlivem opotřebení a uvolňování vnitřních nepřístupných částí ve vypínači lze tímto měřením zajistit opravu před selháním vypínače. Měřením vibrací byly např. detekovány uvolněné teflonové trysky v několika SF₆ vypínačích 400kV, což bylo následně potvrzeno po provedené vnitřní revizi komor.

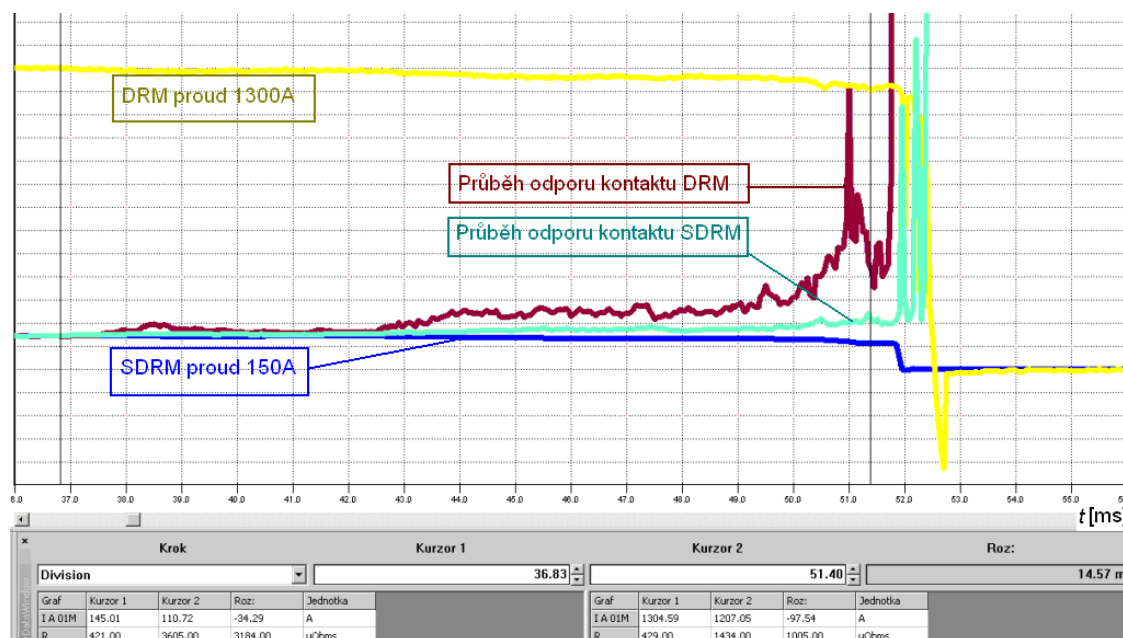
- Kontrola funkce spínání při sníženém ovládacím napětí při cyklech C,O

Při tomto měření je prováděna kontrola funkce vypínače při sníženém ovládacím napětí. Kontrolujeme funkce zapnutí a vypnutí všech pólů vypínače. U vypínacích cívek se kontroluje jak hlavní, tak i záložní vypínací okruh. Při tomto měření použijeme externí napěťový zdroj. Mezní hodnoty činnosti spouště musí odpovídat těmto podmínkám: zapínací spoušť musí správně působit od 85% do 110% jmenovitého napájecího napětí zapínacího ovládacího ústrojí, vypínací spoušť musí správně působit při všech provozních podmínkách spínacího přístroje do jeho jmenovitého vypínacího zkratového proudu a v mezích od 70% (v případě stejnosměrného napájení) nebo od 85% (v případě střídavého napájení) do 110% jmenovitého napájecího napětí vypínacího ovládacího ústrojí. Pokud vypínač nevyhoví požadavkům pro funkci při sníženém napětí, v případě ztráty hlavního napájecího napětí ovládacích obvodů a provozu ovládacích obvodů na záložní systém bateriového napájení hrozí selhání funkce vypínače. Toto je ještě umocněno úbytkem napětí na ovládacích obvodech vypínačů, kdy v obvodech staršího provedení dochází k opotřebení kontaktů paketových přepínačů a spínacích relé. Pokud vypínač není schopen při sníženém ovládacím napětí vypnout, hrozí se zpožděním vypnutí vyššího selektivně nastaveného vypínače, čímž dojde k rozsáhlejšímu výpadku a tudíž nedodávce energie zákazníkům. V provozu toto může způsobit vypnutí přívodní linky rozvodny, případně vypnutí napájecího transformátoru nadřazené soustavy.

- Měření dynamického odporu hlavního kontaktu vypínače

Provádí se z důvodu kontroly opotřebení hlavního a opalovacího kontaktu jednotlivých pólů vypínače a délky pomocného kontaktu. Během pohybu kontaktu v komoře vypínače prochází obvodem proud, jehož hodnota je společně s hodnotou úbytku napětí zaznamenávána v časových úsecích dle nastaveného vzorkování. Hodnota přechodového odporu je dopočítávána Ohmovou metodou. Při měření na oboustranně uzemněném vypínači je potřeba odečíst hodnotu proudu procházejícího uzemněním. Odpor zemní smyčky však nesmí být menší než odpor opalovacích kontaktů vypínače.

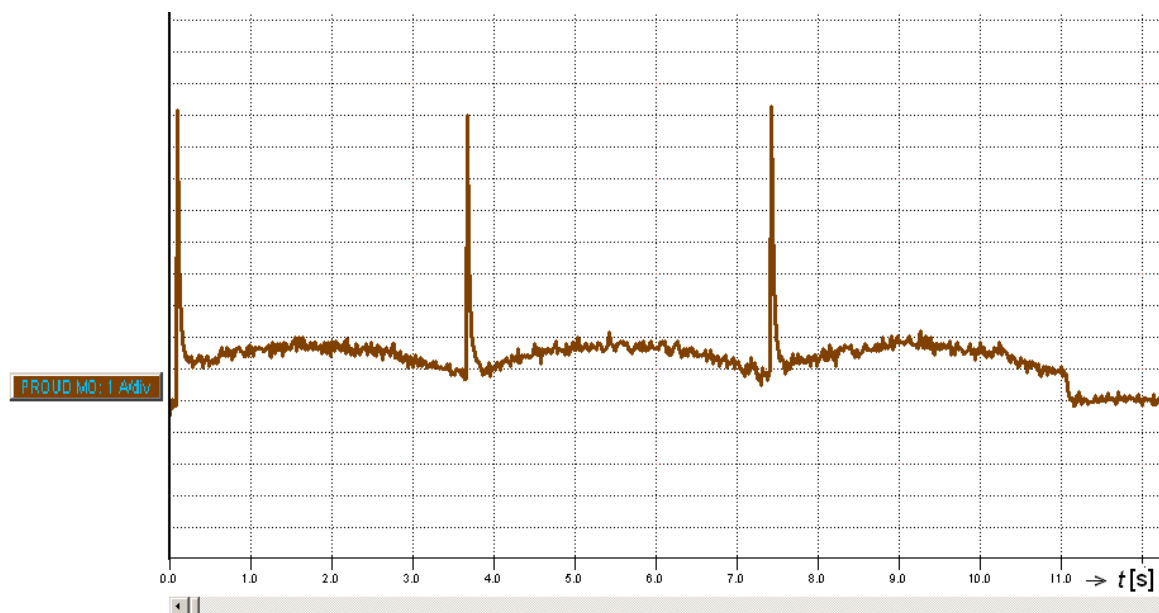
Dříve používané metody vyžadovaly externí zdroj energie pro dosažení procházejícího proudu min. 500A. Snížením požadavku procházejícího proudu min. 100A a vývojem superkondenzátorů došlo ke zmenšení měřicího zařízení, které je možno díky menší hmotnosti umožňuje zavěšení přímo na komory měřeného vypínače, čímž dochází ke zkrácení proudových vodičů a menšímu vlivu rušení na snímané hodnoty. [19]



Obr.21 Porovnání průběhů odporu při měření VYP rozdílným přístrojem a proudem

- Kontrola pohonu včetně spojovacích táhel, kontrola stavu skříně pohonu, měření proudu motoru

Účelem tohoto měření je provést záznam proudu motoru pohonu vypínače při natahování zapínací pružiny. V dnes používaných vypínačích se zhašecím médiem SF₆ jsou zastoupeny pohony střádačové, případně hydraulické. Měření proudu motoru se provádí klešťovou proudovou sondou, připojenou do měřicího systému. Průběh proudu motoru je zaznamenáván v čase v jeho absolutních hodnotách. Z porovnání s předcházejícím měřením lze indikovat závady způsobené vadnou mechanikou střádače nebo poškozením motoru.



Obr.22 Záznam proudu motoru na třípohonovém vypínači

- Měření úbytků napětí hlavní proudové dráhy vypínače (statický odpor hlavní proudové dráhy)

Měření úbytku napětí na proudové dráze se provádí na zapnutém vypínači, který je nutno jednostranně odzemnit, případně použít přístroj schopný provést měření na oboustranně uzemněném vypínači a odečíst proud tekoucí uzemněním. Odzemnění je z bezpečnostních důvodů nutné provést se zapnutým vypínačem. Měření se provádí proudem 200A, výsledek je udáván jako úbytek napětí na kontaktech vypínače. Vzhledem k rozdílné konstrukci vypínačů je potřeba vzít v úvahu taktéž všechny další úbytky, které mohou ovlivnit naměřenou hodnotu. Dochází ke špatné interpretaci naměřené hodnoty, kdy jsou započítány do výsledné hodnoty i šroubové spoje pro připojení vypínače. V silně agresivním prostředí dochází u venkovních vypínačů k povrchové reakci připojovacích ploch vypínače a vytvoření špatně vodivé povrchové vrstvy. Pokud při prováděném měření není zajištěn dostatečný přitlak měřicího kontaktu a rozrušení povrchové vrstvy, výsledná hodnota je zcela mimo reálnou hodnotu.

- Měření odporu a izolačního stavu ovládacích cívek

Měření odporu ovládacích cívek a jejich izolačního stavu se provádí s vypnutým ovládacím napětím. Ovládací cívky (u vypínacích hlavní i záložní) se měří každá samostatně se současným zaznamenáním naměřených hodnot. U některých měřicích systémů je elektrický odpor dopočítáván z naměřených hodnot napětí a proudu procházejícího ovládací cívkou při měření doby funkčních operací. Špatný izolační stav ovládacího obvodu (v kabelovém kanále poškození izolace, kontakt vodičů s podpěrnou konstrukcí), v případě zemního spojení na napájecím obvodu, může zapříčinit samovolnou funkci přístroje bez možnosti ovlivnění řídicím systémem nebo obsluhou.

- Kontrola funkce nesouhlasu pólů u třípohonových vypínačů

Kontrola funkce nesouhlasu pólu se provádí u vypínačů se samostatným pohonem pro každý pól vypínače se zapnutým ovládacím napětím. U každého pólu se provede :

vypínač vypnutý – ručně zapnout pól vypínače, pokud je to technicky možné : pól musí vypnout v čase nastaveném na příslušném časovém relé

vypínač zapnutý – vypnout pól vypínače: pól vypínače se vypne a se zpožděním v nastaveném čase na příslušném časovém relé musí vypnout i zbylé dva póly vypínače

Při nefunkčnosti systému nesouhlasu pólů nedojde při působení neúspěšného OZ k vypnutí všech fází vypínače. V provozu jsou zjišťovány hlavní příčiny nefunkčnosti ochrany nesouhlasu pólů z důvodů vadných cívek pomocných relé a stykačů obvodů ochrany.

- Kontrola blokování vypínače, odzkoušení vypínače včetně místní a dálkové signalizace

Při této kontrole je třeba prověřit správnost funkčnosti elektrických blokad vypínače. V případě nefunkčnosti je třeba provést okamžitou nápravu.

Kontrolované blokady:

kontrola blokování nenastřádané zapínací pružiny – vypínač nesmí sepnout, pokud není dostatečně nastřádána pružina.

kontrola blokování cyklování – v případě přidrženého zapínacího impulsu (vadný spínací prvek, vadné relé) a závadě na blokování, dojde po vypnutí vypínače a nastřádání pohonu k opětovnému zapnutí vypínače. Tento stav je nebezpečný obzvláště v tom, že dochází ke stále se opakujícímu cyklu a žádná další ochrana na tento stav nemůže reagovat. Vypínač vždy vypne v požadovaném čase, ale znovu zapíná. V případě zkratu může tento stav trvat do destrukce vypínače.

kontrola blokování funkce spínání u vypínače s pneumatickým pohonem – v případě poklesu tlaku nesmí dojít k sepnutí vypínače. Nedostatečným tlakem v pohonu nelze zajistit požadovanou rychlost kontaktu, dojde k nedojetí kontaktu do drážky zapnutého stavu, poloha paketového přepínače je v pozici zapnuto. Postupným klesáním kontaktu může dojít k hoření oblouku, paketový přepínač na toto nereaguje a dojde k destrukci vypínače.

- Funkční kontrola blokování SF₆

Účinnost tohoto blokování při poklesu tlaku plynu SF₆ ve vypínači kontrolujeme vysláním impulsů VYP a ZAP na všechny funkční zapínací a vypínací cívky vypínače při poklesu tlaku plynu. Vypínač nesmí zapnout ani vypnout. Pokles tlaku plynu je možno simulovat elektricky na pomocných kontaktech, není třeba snižovat tlak ve vypínači. Kontrola manostatů je prováděna při plnění vypínače, při provádění revizních činností na vypínači s požadavkem odsátí plynu. Některé vypínače mají provedení manostatů na zpětných ventilech DILO, kdy lze tyto demontovat a simulovat postupný pokles tlaku. Některé vypínače jsou osazeny kontrolním plnicím ventilem, kde lze taktéž simulovat změnu tlaku plynu pouze v obvodu manostatu.

- Měření kvality plynu SF₆

Měřením kvality plynu SF₆ se rozumí :

Měření procentuálního podílu plynu SF₆ ve zhašecí komoře vypínače – měření probíhá na základě porovnávání rychlosti šíření zvuku v měřicím přístroji. Rychlost zvuku ve vzduchu činí obvykle asi 330 m/s, v čistém plynu SF₆ 130 m/s. Naměřené údaje rychlosti zvuku po teplotní kompenzaci jsou mikroprocesorem přepočteny na procentní obsah plynu SF₆ a zobrazeny na displeji.

Měření vlhkosti plynu SF₆ - lze provádět několika způsoby:

Měření rosného bodu °C Dew point

Měření %RH

Měření ppm H₂O – váhové nebo objemové množství vody obsažené v plynu

Měřicí systémy lze rozdělit na elektronické kapacitní, elektrolytické, optické a využívající fotoakustickou infračervenou spektroskopii. Měření probíhá na základě absorpce molekul vody ve speciálním keramickém substrátu, snímáním na polymerickém senzoru, nebo na velmi přesném fyzikálním principu optického přístroje se zrcátkem a chlazením peltierovým článkem. Měření probíhá při atmosférickém tlaku, což je preferovanější metoda měření, nebo provozním tlaku plynu ve vypínači. Pokud přístroj nedokáže měřit při atmosférickém tlaku, tj. nulovém přetlaku, je možno před přístroj vřadit redukční ventil, případně naměřenou hodnotu rosného bodu přepočítat. Stanovení kritérií pro kvalitu plynu ovlivňují použité komponenty v komorách vypínačů, obzvláště přítomnost absorberů vlhkosti. Bez znalosti konstrukce komory nelze správně naměřené údaje vyhodnotit.

Měření obsahu rozkladných produktů v plynu SF₆ – rozkladné produkty hoření oblouku v kombinaci s vlhkostí vytvářejí elektrolyty, které způsobují závažné poškození izolačních materiálů a v kombinaci s elektrickým obloukem i celého kontaktního systému vytvářením vrstvy fluoridů. Měření probíhá souběžně s předcházejícím měřením multimetrem osazeným senzorem pro detekci SO₂, samostatným elektronickým přístrojem osazeným kazetou pro měření produktů rozkladu nebo samostatně pomocí detekčních trubiček. Nevýhodou senzoru v multimetru, případně samostatném přístroji, je předem definovaný rozsah měření, který je v přístroji neměnný, v případě překročení objemu SO₂ hrozí poškození senzoru. Detekční trubičky jsou vyráběny jak pro SO₂, tak pro měření HF a olejové mlhy obsažených v plynu SF₆. Rozsah detekce je stanoven dle specifikace při objednávání detekčních trubiček. Při měření plyn protéká skrz detekční trubičky, pomocí jehlového ventilu se dle průtokoměru nastaví určené průtočné množství plynu SF₆, plyn z měření je zachytáván do odběrného vaku určené velikosti pro dodržení potřebného množství plynu prošlého detekční trubičkou a následně přečerpán k likvidaci. Nevýhodou měření detekčními trubičkami je pouze jednorázové použití a likvidace trubiček jako kontaminovaný odpad. Dle požadavků legislativy pro pracovníky provádějící znovuzískávání fluorovaných skleníkových plynů je nutno při veškeré činnosti s plynem SF₆ zachytávat a zpětně zpracovat veškerý plyn použitý při diagnostických zkouškách.

Multianalyzátor je podle typu provedení složen z následujících dílů: Měřicí kazeta se senzorem objemového složení plynu SF₆, měřicí kazeta se senzorem vlhkosti, měřicí kazeta se senzorem SO₂, manometr. Dále síťový zdroj, centrální jednotka s dotykovým panelem, tlakové senzory, potrubí s magnetickými a redukčními ventily.

Pro zajištění správné funkce vypínače o zamezení úniků plynu do ovzduší potřebujeme detekovat úniky na ventilech po odpojení měřicích přístrojů, případně nalezení místa úniku plynu z vypínače. Kromě standardních detektorů úniku se pro místní detekci úniku používají ruční infračervené detektory. Pro zjišťování úniku na vypínači pod napětím se osvědčily kamery pro vizualizaci úniků v IR spektru.



Obr.23,24 Detekce úniku plynu a poškození hlavy vypínače rozkladnými produkty SF₆

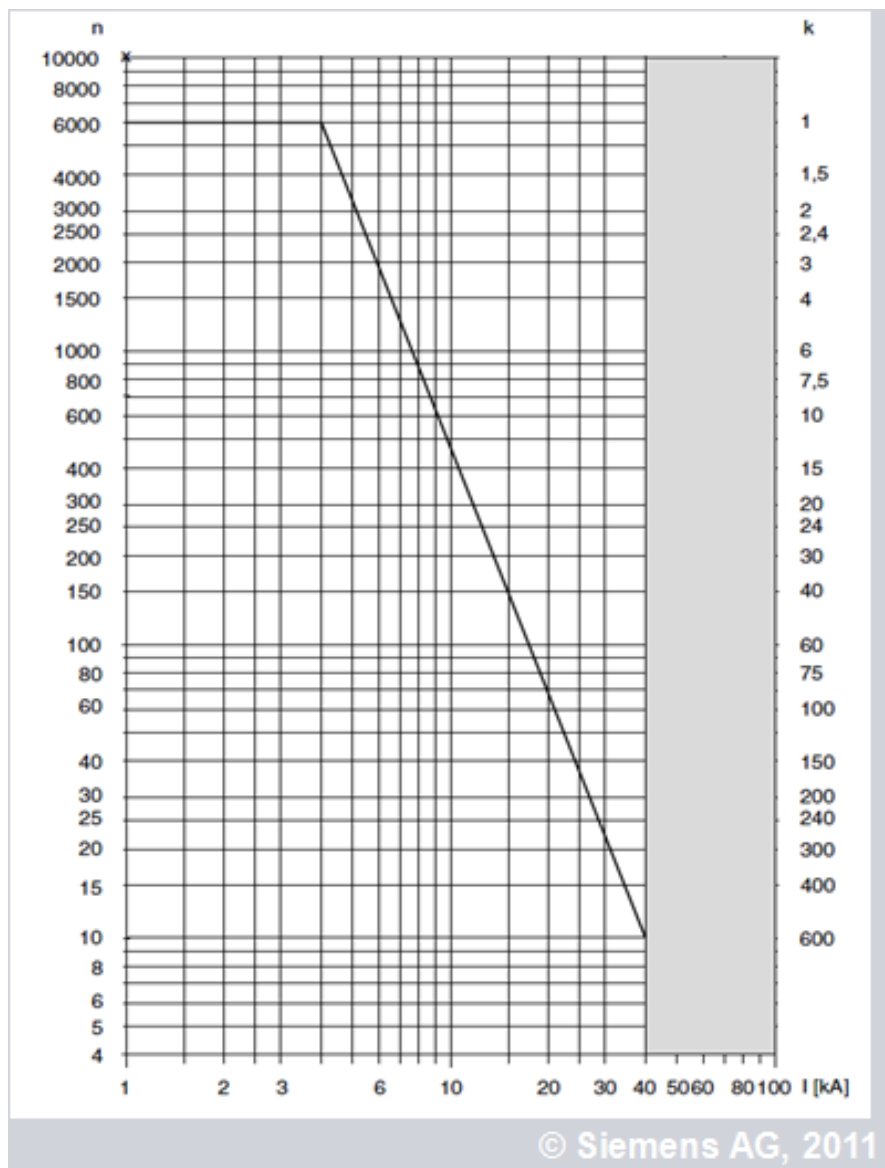
- Kontrola tlaku plynu SF₆

Po ukončení měření kvality plynu SF₆ a funkční kontrole blokování SF₆, je třeba zkontrolovat tlak plynu SF₆ ve vypínači, případně v jednotlivých pólech vypínače při odděleném okruhu plynu. Kontrola je provedena manometrem, případně je zaznamenána přímo v kombinovaném měřicím přístroji. Při poklesu tlaku plynu v provozu hrozí nedostatečná schopnost jak zhášení elektrického oblouku, tak i nedostatečné tlumení pohybu kontaktu. Při poklesu tlaku plynu SF₆ může dojít k selhání vypínače.

- Další činnosti údržbové diagnostiky:

Kontrola stavu uzemnění, měření přechodového odporu uzemnění, kontrola celkového stavu včetně proudových spojů, kontrola izolátorů včetně očištění, kontrola stavu tmelení, vizuální kontrola ovládací skříně, kontrola dotažení šroubových spojů

Jedním z vyhodnocovacích kritérií, doposud velmi málo využívaný z důvodu chybějící podpory záznamů provozních operací, je výpočet "zbytkové" vypínací schopnosti, tzn. výpočet počtu vypnutí při dané velikosti proudu, který je vypínač ještě schopen vypnout, než bude nezbytné provést revizi.



Obr.25 Diagram dovoleného počtu vypnutí v závislosti na vypínaném proudu

5 Poruchový/ havarijný stav

5.1 Závada

Závada je stav vypínače, při kterém jsou překračována limitní kritéria pro provoz. Vypínač je schopen dalšího provozu za podmínek stanovených pro zajištění bezpečnosti, např. snížení zatížitelnosti.

5.2 Porucha – havarijný stav

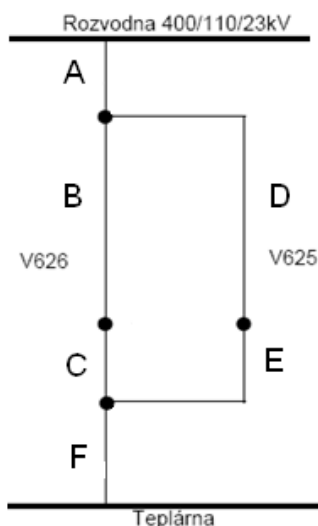
Porucha vypínače vzniklá za provozu má za důsledek odstavení vypínače z provozu. Tento stav může nastat také u vypínače po provedení diagnostických zkoušek s konstatováním výsledku neschopno provozu. Jedná se o částečnou nebo úplnou ztrátu požadovaných vlastností vypínače potřebných pro plnění požadované funkce. Poruchy vznikají z několika příčin. Mohou být způsobeny nedodržením stanovených provozních podmínek a předpisů pro provoz, obsluhu a údržbu vypínače. Poruchovost vypínače vlivem kvalitativních vlastností je stanovena tzv. vanovou křivkou. Po počátečním období s výskytem výrobních poruch a vlivu montáže a uvedení vypínače do provozu klesá počet poruch zařízení do doby dožití vypínače, kdy vlivem stárnutí a opotřebení dochází k opětovnému nárůstu počtu poruch na vypínačích. Vznik poruch se dělí na náhlé a postupné. Vznik náhlých poruch se nedá předvídat, vznik postupných poruch se snažíme eliminovat vhodně prováděným systémem prohlídek, diagnostiky, údržby a oprav.

5.3 Porucha vedení a vyhodnocení měření

Pro popis provádění diagnostického měření, vyhodnocení měření a následnou revizi komory vypínače 110kV jsem si vybral poruchu na vedení 110kV a následné selhání systému ochran.

Při poruše vedení v 13.15 hodin došlo k pádu vodiče ve fázi L3 (utržený dvojitý řetězec izolátorů stožáru, vyklouznutí lana ze svorek od přeponky a pád lana na zem, požár) a k oboustrannému vypnutí vedení distanční ochranou. V 13:25 provedl dispečer zkušební zapnutí, avšak do trvající poruchy. Distanční ochrana opět vypnula, ale po 10 sekundách došlo k opětovnému zapnutí vedení. Tento cyklus se opakoval každých deset sekund. Celkem 16x. I se samotnou poruchou tedy došlo 17x k průchodu zkratového proudu vypínačem a vedením do místa poruchy a poklesu napětí v síti.

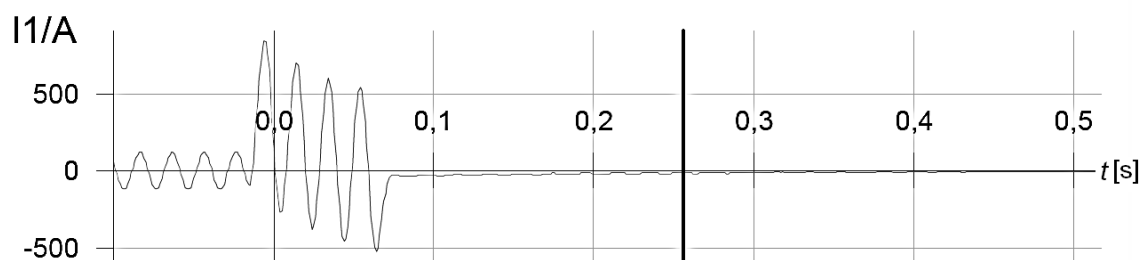
V tabulce č.3 jsem zaznamenal délky jednotlivých částí vedení včetně průřezů jednotlivých částí a schéma postiženého vedení je na obrázku č.26. Celková délka vedení je 5,94km, porucha ve větvi V626 ve vzdálenosti 4,65km od rozvodny, kde bylo provedeno opětné zapnutí a došlo k následnému cyklování vypínače. K tomuto vedení bylo paralelně připojeno vedení V625 v délce 5,75km naprázdno. Z tohoto důvodu nelze tento případ posuzovat jako blízký zkrat, účinky blízkého zkratu na vypínač však nelze zanedbat. K provádění diagnostice a následnému vyhodnocení jsme přistoupili v nejširším možném rozsahu, abychom dokázali určit možné poškození komory a pohonu vypínače.



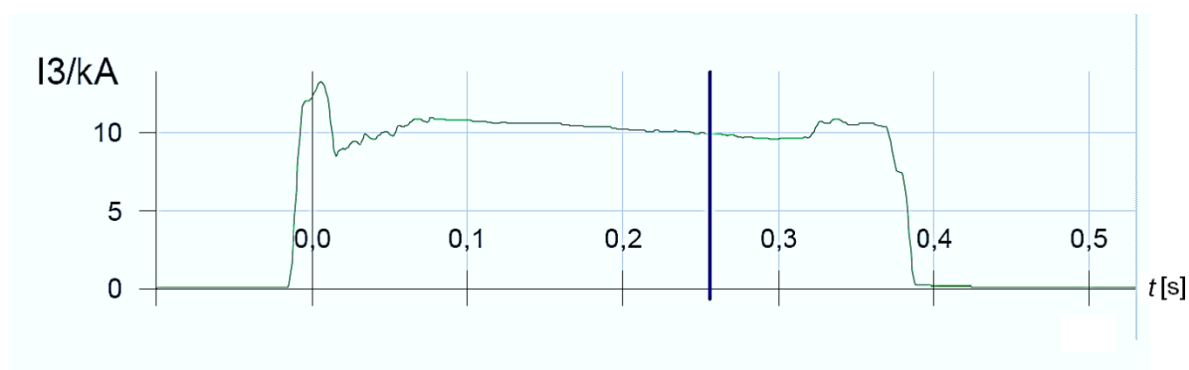
Obr.26 Schéma vedení V626

Část vedení (-)	l (km)	S (mm ²)	Vodič (-)
B	4,464	150	AlFe
C	1,260	185	AlFe
B+C	5,724		AlFe
A	0,184	150	AlFe
D	4,464	150	AlFe
E	1,260	185	AlFe
D+E	5,724		AlFe
F	0,028	185	AlFe
Celkem	5,936		AlFe

Tab.3 Parametry vedení V626



Obr.27 Průběh proudu fáze L1



Obr.28 Průběh proudu fáze L3

13:25:45,986	V 626	navolení objektu	je !
13:25:53,626	V 626	vypínač QM	zapnuto !
13:25:53,235	V 626	o-distanční N	je !
13:25:53,235	V 626	o-distanční L3	je !
13:25:53,556	V 626	o-distanční	působí !
13:25:53,609	V 626	vypínač QM	vypnuto !
13:26:04,140	V 626	vypínač QM	zapnuto !

Tab.4 Výběr záznamu časů ze systému ochran vedení

Při kontrole obvodů bylo zjištěno, že k opakovanému zapnutí docházelo v důsledku nepřesné sekvence povelů a signálů v obvodu synchronizačního zařízení Synchronact 4.

Po sepnutí objektového relé, posláni zapínacího povelu do vypínače, po splnění synchronizačních podmínek a zapnutí vypínače synchronizační zařízení provede odvolení objektu a tím provede přerušení zapínacího povelu z řídicího systému.

Samotný zapínací povel je v řídicím systému nastaven na 600 sekund pro případ synchronizace asynchronních sítí. Po zapnutí vypínače a odvolení objektu je zapínací povel v řídicím systému ukončen.

Jiný případ nastal v případě zapnutí do poruchy. Než došlo k ukončení synchronizace a sepnutí klidového kontaktu pomocného relé, došlo k vypnutí distanční ochranou a pomocné relé opět cestu pro odvolení objektu rozepllo. Nedošlo k automatickému odvolení objektu. Z řídicího systému byl stále posílán zapínací povel. Synchrotact 4 po kontrolním čase 10 sekund opět provedl další zapnutí. Ochrana proti pumpování, umístěná v systému ovládání vypínače, je primárně určena pro zabránění této nežádoucí funkce vypínače. Vzhledem k přerušování zapínacího signálu pomocným relé však nemohla na tuto poruchu reagovat. Tento děj byl ukončen po 16. zapnutí ručním zásahem dispečera - odvolením objektu. Tím bylo ukončeno cyklování.

Pro vyhodnocení stavu měřeného vypínače jsme měli k dispozici několik předcházejících měření, ze kterých bylo možno posoudit změnu stavu vlivem stárnutí a stav způsobený poruchovým dějem.

Předcházející měření:

Datum měření	Úbytek napětí hlavních kontaktů při 200A [mV]		
	L1	L2	L3
15.8.2001	8,9	7,9	8,4
5.10.2006	9	7,4	7,8
24.9.2010	7,5	6,9	7,4
12.3.2012	7,9	6,4	7,4

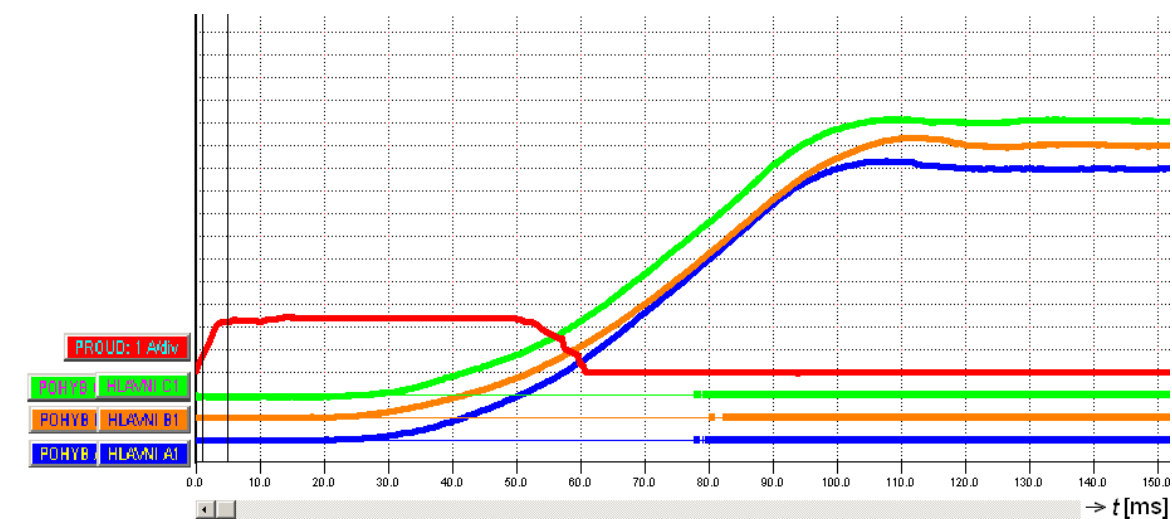
Tab. 5 Naměřené hodnoty vypínače

Datum měření	Rosný bod [°C]	Procentní složení [%]	SO ₂ [ppm]
15.8.2001	-55,3	99,8	0
5.10.2006	-53	99,6	0
24.9.2010	-47	100	0
12.3.2012	-53	99,9	5,9

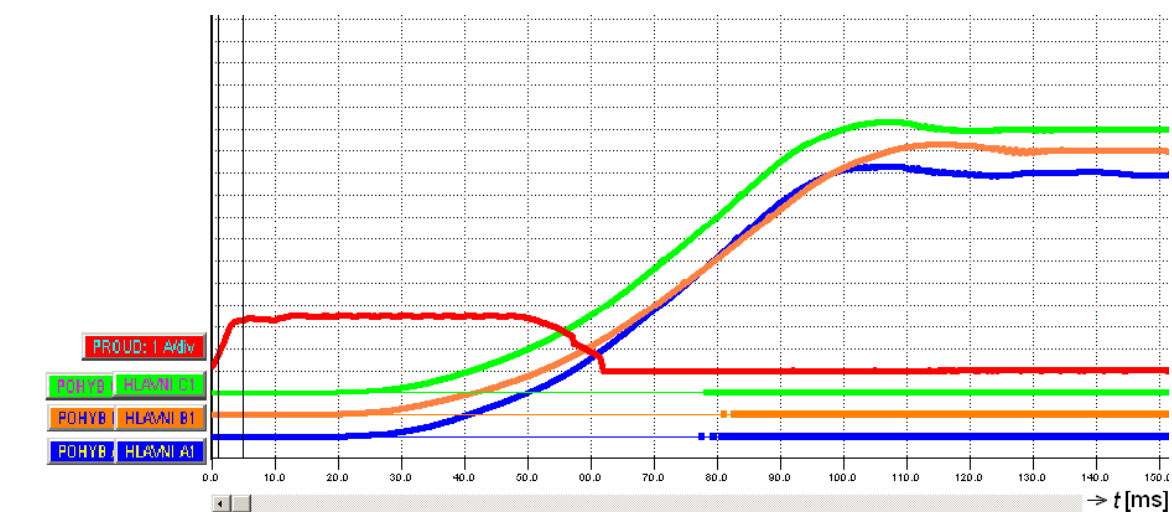
Tab. 6 Naměřené hodnoty plynu SF₆

Výsledky statického měření jsem zaznamenal do tabulek č.5 a č.6. Vyhodnocením těchto naměřených hodnot a vývoje v čase mimo nárůst SO₂ nic nenasvědčovalo zhoršení stavu vypínače.

Dynamickými metodami diagnostiky jsme získali další potřebné údaje pro hodnocení stavu vypínače.



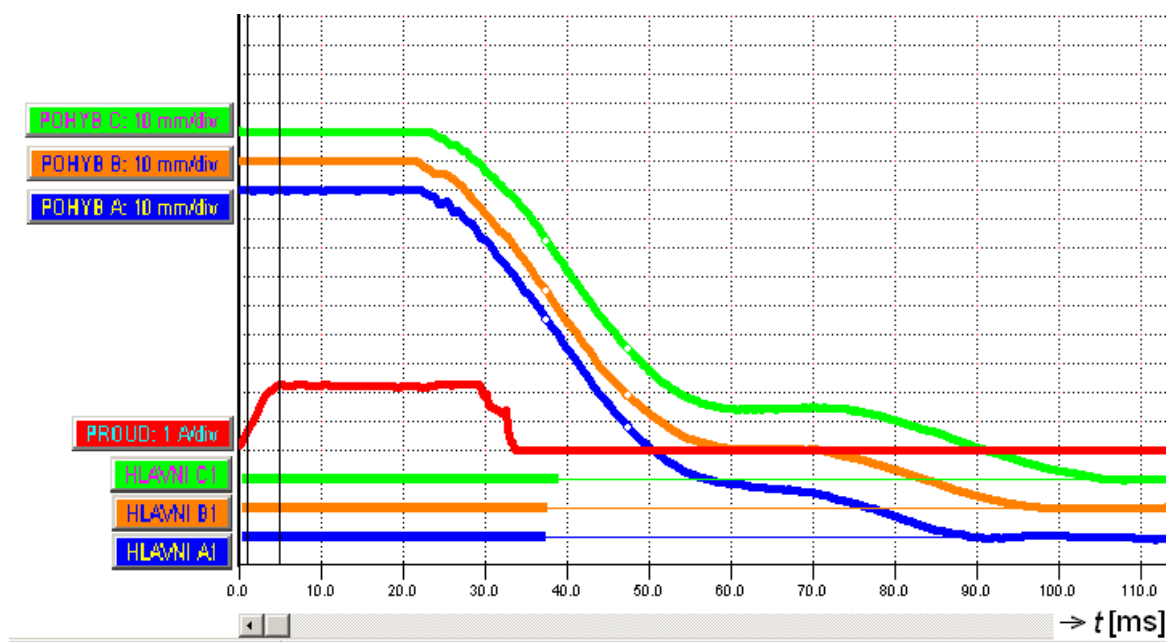
Graf č.1 Zap předcházející měření



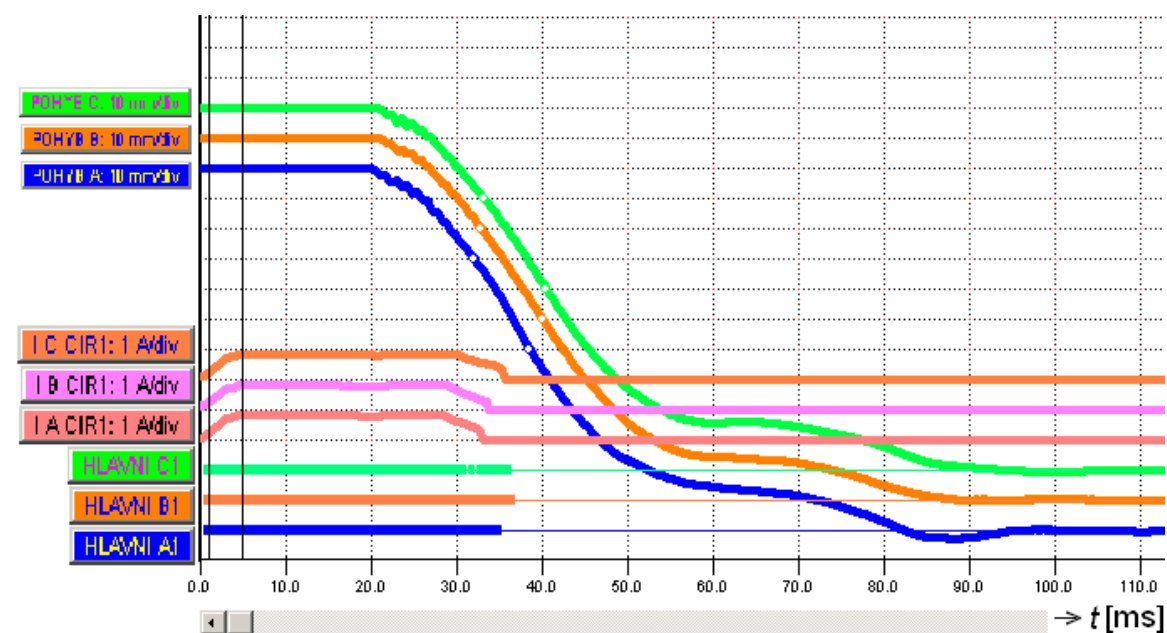
Graf č.2 Zap po poruše

V grafu č.1 jsem zobrazil časy zapnutí, průběhy pohybů hlavních kontaktů, proudy zapínacích cívek z předcházejícího měření, v grafu č.2 z měření po poruše.

V grafu č.3 jsem zobrazil časy vypnutí, průběhy pohybů hlavních kontaktů a proudy vypínacích cívek z předcházejícího měření, v grafu č.4 z měření po poruše.

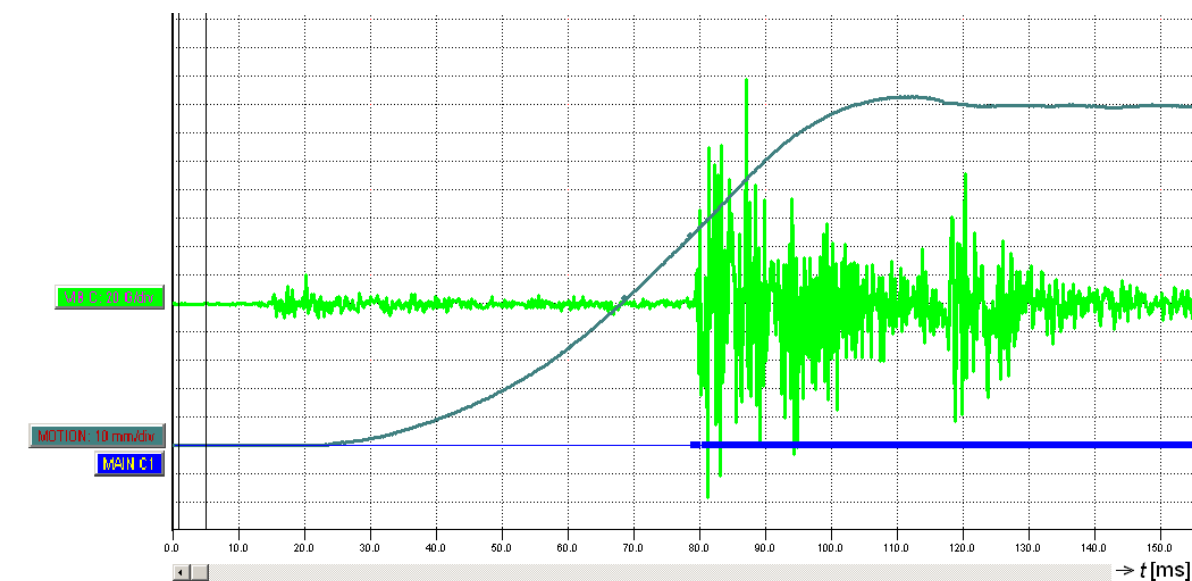


Graf č.3 Vyp předcházející měření

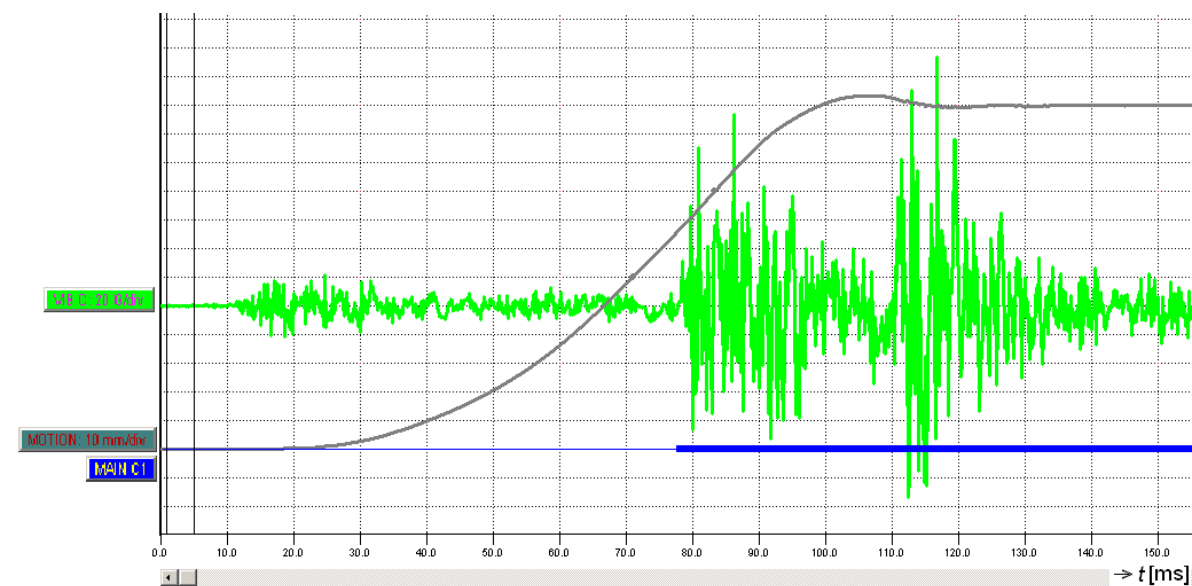


Graf č.4 Vyp po poruše

Při vypínání je v grafu č.4 patrný odskok kontaktu ve fázi L3, způsobený zhoršeným stavem kontaktů. Z těchto naměřených údajů však také nelze usuzovat zhoršení stavu vypínače. Proud cívek v grafu č.3 je měřen jedním proudovým snímačem, je proto součtem proudů všech tří cívek. Rozdíl v měření pohybu je nutno tolerovat z důvodu vlivu vnějších vlivů, především teploty okolí 8°C. Proto máme k dispozici i další testy, které mohou nalézt možnou závadu na vypínači.

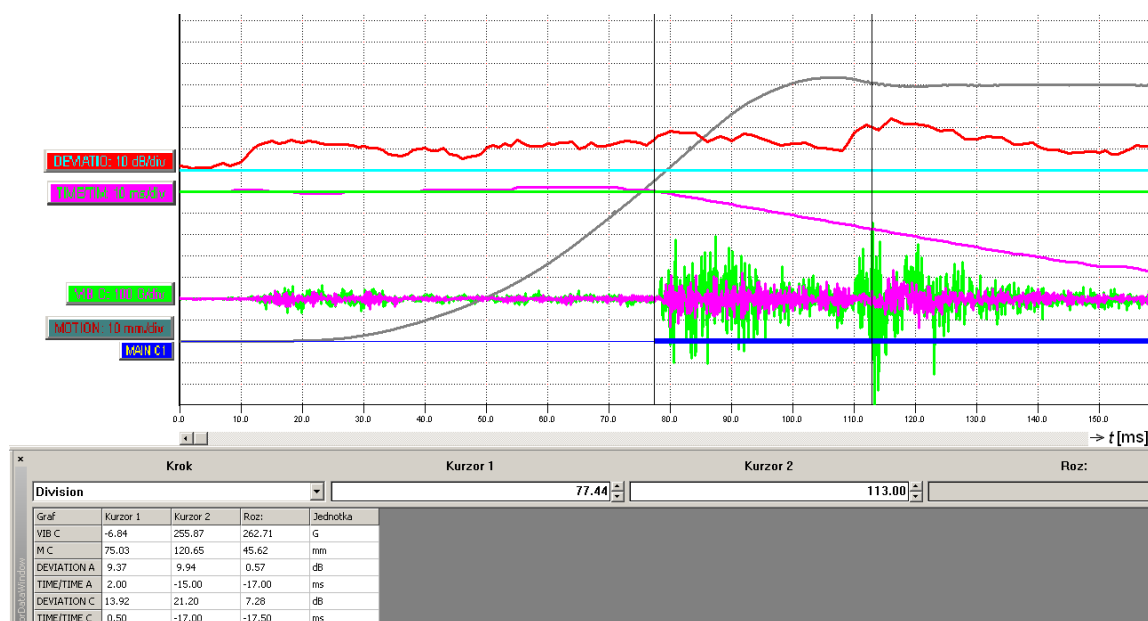


Graf č.5 Vibrace L3 předcházející měření



Graf č.6 Vibrace L3 po poruše

V grafu č.5 jsem zobrazil průběhy vibračního měření na komoře vypínače ve fázi L3 při operaci ZAP z předcházejícího měření. Průběh křivky po poruše na grafu č.6 je v oblasti tlumení – koncové polohy kontaktu – rozdílný oproti předcházejícím měřením. Tento rozdíl mohl být způsobený zvýšeným namáháním komory při opakovaných sepnutích do zkratu.

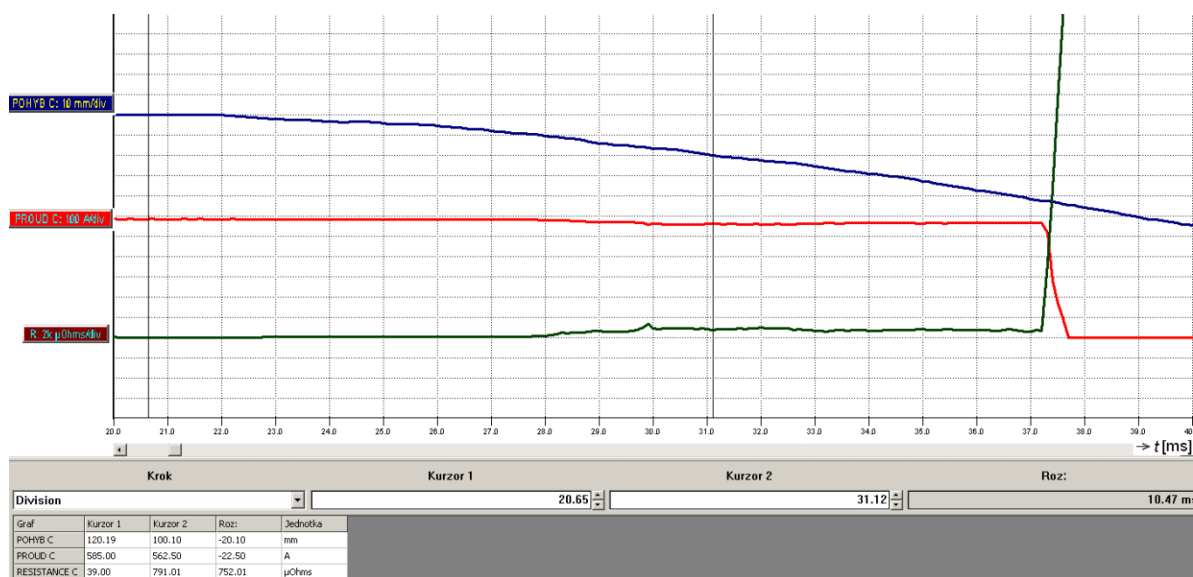


Graf č.7 DTW analýza

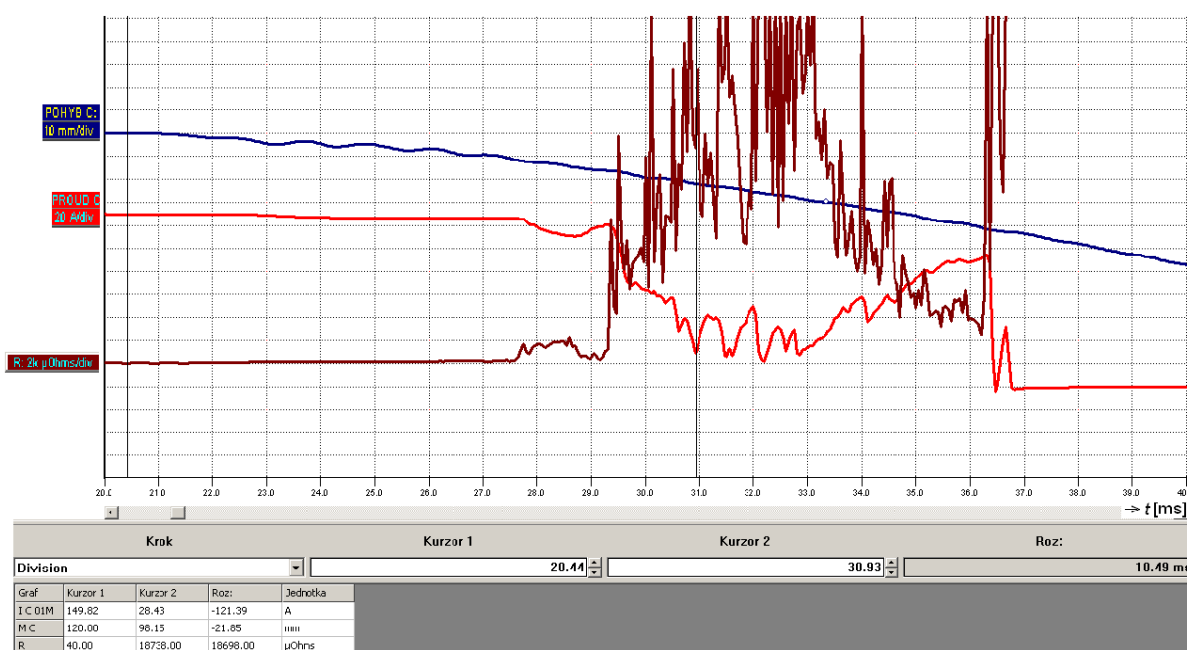
Provedenou DTW analýzou je patrný rozdíl v průběhu vibračního záznamu a posunu časových úseků mezi porovnávanými křivkami. Hlavní rozdíl vyhodnocený DTW analýzou zobrazoval problém v celé délce od prvního sepnutí kontaktů až po tlumení. V grafu č.7 jsem zobrazil křivky provedené analýzy, pro přehlednost jsem však změnil měřítko vibrační křivky. Referenční řádek rozdílů výchylky je zobrazen světle modře, rozdíl výchylek červeně. Referenční řádek časové výchylky je zobrazen zeleně, rozdíl výchylek fialově. Za bezproblémový průběh lze označit naměřené hodnoty, pokud rozdíly mezi křivkami provedenou analýzou nevykazují vyšší rozdíly než 10dB a 10ms. V případě naměřených rozdílů na komoře jsme považovali naměřené rozdíly za signalizaci poškození kontaktního ústrojí vypínače.

Datum měření	Čas ZAP [ms]	Čas VYP [ms]
15.8.2001	80,1	38,7
5.10.2006	80,0	37,3
24.9.2010	79,8	38
12.3.2012	80	37

Tab. 7 Naměřené časy ZAP a VYP



Graf č.8 Vyp DRM L3 předcházející měření



Graf č.9 Vyp DRM L3 po poruše

V grafech jsem zobrazil průběhy dynamického odporu kontaktu v komoře fáze L3. V grafu č.8 je znázorněn průběh předchozího referenčního měření, v grafu č.9 průběh po zkratech.

Z důvodu velmi vysokých naměřených hodnot přechodového odporu opalovacích kontaktů jsem musel použít měřítko 2mΩ/dílek tak, aby byl patrný průběh odporu při měřeních po poruše. Rozdíly naměřené na komoře, včetně maximálních naměřených hodnot odporu opalovacího kontaktu, potvrdily poškození opalovacího kontaktu vypínaným zkratovým proudem. Na jednotlivých grafech je patrný rozdíl také v průběhu proudu, který protéká obvodem při pohybu kontaktů. Při poškození kontaktů, pokrytí kontaktů cizími, špatně vodivými vrstvami, nebo špatně dosedajícími kontakty dochází při pohybu k patrným rozdílům průběhů měřeného proudu.

Na základě hodnocení diagnostiky, průběhů DRM proudů při operacích ZAP a VYP je možno usuzovat na zhoršený stav opalovacích kontaktů. Při rozpojení hlavní proudovodné dráhy a průchodu proudu opalovacími kontakty dochází k přerušování proudové dráhy a velkým výkyvům naměřeného přechodového odporu. Na základě provedených měření a předpokladu zhoršeného stavu opalovacího kontaktu fáze L3 bylo pro zajištění bezpečného provozu provozovatelem rozhodnuto o provedení opravy komory vypínače, kdy poškozená komora byla nahrazena komorou náhradní. Po provedené výměně komory bylo provedeno kontrolní měření vypínače pro potvrzení provozuschopného stavu.

Vyjádření výrobce po provedení revize komory vypínače:

Revize komory fáze L3 byla provedena ve výrobním závodě firmy Alstom Grid, Kassel. Pól byl zcela rozebrán, při vizuální kontrole bylo potvrzeno značné přetížení kontaktů včetně povrchového poškození kontaktů. Po provedené opravě, očištění, obroušení a namazání kontaktů byl pól za použití nového těsnění a spotřebního materiálu smontován a po provedených testech ve zkušebně je připraven pro další použití.



Obr. 29 Hlavní kontakt vypínače



Obr. 30 Poškozený opalovací kontakt vypínače

6 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabýval vypínači v rozvodnách vvn. Nejdříve jsem provedl stručný popis historie vývoje vypínačů vvn v českých zemích od počátku prvního vedení 100kV v roce 1927 do konce tuzemské výroby vvn vypínačů. Popsal jsem možnosti provedení rozveden a přístrojové vybavení používané v současné době v rozvodnách vvn, zvláště se zaměřením na vypínače vvn. Přístrojové vybavení jsem rozdělil na přístroje spínací, měřicí, ochranné a jisticí. Spínací přístroje jsou rozděleny dle možnosti zhášení oblouku na odpojovače a vypínače. Vypínače vvn stejnosměrného proudu jsou používány pro dálkové přenosy velkých výkonů. V České republice zastoupené vypínače střídavého proudu dělíme dle zhášecího media použitého pro zhášení oblouku na vypínače tlakovzdušné, kapalinové a tlakoplynové. Tlakovzdušné vypínače již nejsou v současnosti téměř používány. Vypínače kapalinové (maloolejové), které jsou ještě hojně zastoupeny ve výzbroji rozveden vvn, jsou při prováděných rekonstrukcích nahrazovány novějšími typy. Nejrozšířenější vypínače tlakoplynové využívají zhášení oblouku v plynu SF₆. Rozdělil jsem možnosti využití vypínačů pro používání samostatně v klasických rozvodnách, integrované v kompaktních rozvodnách a vypínače v rozvodnách GIS.

V samostatné kapitole jsem popsals požadavky na stav vypínače se zaměřením na provozní podmínky, údržbu a diagnostiku. Při rozdělení údržby na údržbu preventivní, korektivní, prediktivní a RCM jsem se zaměřil na spolehlivostně orientovanou údržbu RCM. Popsal jsem vyhodnocování RCM, kterého jsem se v minulosti za diagnostiku zúčastnil. Rozepsal jsem činnosti vykonávané na vvn vypínači se zhášecím mediem SF₆ v rámci provádění údržbové diagnostiky při provádění ŘPU včetně vyhodnocování stavu a popisu některých závad způsobených provozem vypínačů. Na příkladu vypínače, 17.krát zatíženého zkratovým proudem v krátkých časových intervalech, jsem provedl rozbor provedené diagnostiky. Popsal jsem vadnou funkci řídicího systému po zkratu na vedení, kdy došlo k pádu vodiče na zem, a následnému selhání synchronizačního zařízení. Po vyhodnocení stavu postiženého vypínače byla komora jedné fáze vypínače nahrazena komorou náhradní.

Z výsledků této práce vyplývá, že pro vyhodnocení diagnostiky vypínačů nelze používat pouze některá měření. Diagnostika musí být provedena jako celek různých měření a simulací, aby bylo zajištěno objektivní posouzení stavu vypínače. Pro hodnocení skutečného aktuálního stavu vypínače nelze vycházet pouze z aktuálních naměřených hodnot, ale také z záznamů předcházejících měření a konstrukce diagnostikovaného vypínače. Výsledky měření získané moderními přístroji musí být zpracovány technikou s dlouholetými zkušenostmi. Díky výsledkům provedené diagnostiky lze posuzovat zkoumaný objekt a jeho skutečný stav bez nutnosti rozebírání na jednotlivé elementy. Užitečným nástrojem pro zajištění spolehlivého provozu vypínače může být vhodné spojení záznamů operací vypínače z řídicího systému do systému pro hodnocení stavu. Výsledky provedené diagnostiky odpovídaly skutečnému stavu zařízení, což bylo potvrzeno provedenou opravou.

Seznam použité literatury

- [1] Rusek S.: Spolehlivostně orientovaná údržba v elektroenergetice. Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, ročník VI, Ostrava 2003
- [2] Kubín M. a kolektiv: Rozvoj energetiky v Československu, ČEZ 1989
- [3] Kreidl M., Šmíd R.: Technická diagnostika, 4.díl, BEN Praha 2006
- [4] Bárta K., Vostrácký Z.: Spínací přístroje velmi vysokého napětí, SNTL Praha 1983
- [5] Havelka O. a kolektiv: Elektrické přístroje, SNTL Praha 1985
- [6] Krňoul A.: Metody diagnostiky vypínačů vn, vvn a zvn, Diplomová práce, ČVUT Praha, 2007
- [7] Metodika ČDS_ME_0015 Diagnostika elektrických zařízení vn a vvn – vypínače
- [8] Uživatelské příručky měřicích přístrojů Programma, Megger
- [9] Uživatelské příručky měřicích přístrojů SF₆ DILO, GAS
- [10] Katalogy a stránky výrobců vvn vypínačů Siemens, ABB, AEG – Alstom – Areva
- [11] www.ivep.cz <http://www.ivep.cz/vyrobní-program/elektrické-přístroje-a-zařízení-vvn>
- [12] Časopis Elektro 3/2013, str.62-63
- [13] ČSN EN 62271-100 (354220) Vypínače střídavého proudu na napětí nad 1000 V
- [14] ČSN EN 60694 Společná ustanovení pro vysokonapět'ové spínací a řídicí zařízení
- [15] ČSN IEC 1634 (354206) Manipulace s SF₆ a jeho použití ve vysokonapět'ových spínacích a řídicích zařízeních
- [16] ČSN 33 3201 Elektrické instalace nad AC 1 kV
- [17] ČSN IEC 50(441) (330050) Mezinárodní elektrotechnický slovník
- [18] Učební texty Školení pro pracovníky manipulující s plynem SF₆, Orgrez a.s., Praha 2009
- [19] Veverka A.: Diagnostika vypínačů vvn, Bakalářská práce, VŠB-TU Ostrava, 2011